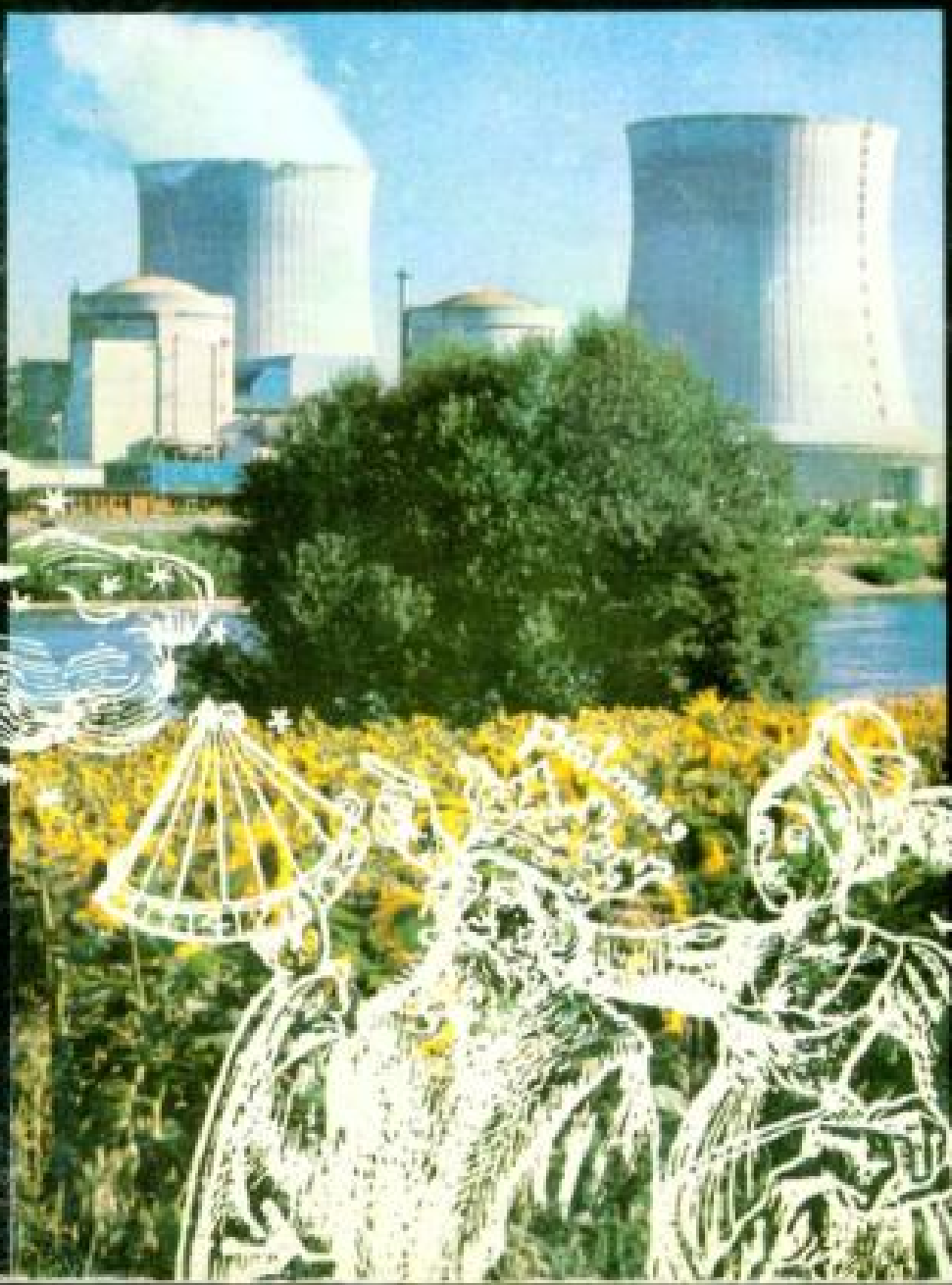
سرگذشت اتم

پی‌یر رادوانی و مونیک بوردری
پیشگفتار از موریس ژاکوب
ترجمهٔ دکتر عبدالحسین نیک‌گهر



سرگذشت اتم

پی‌یر رادوانی و مونیک بوردری

پیشگفتار از موریس ژاکوب

ترجمهٔ دکتر عبدالحسین نیک گهر

سروش
تهران ۱۳۷۰

رادوانی، پی یر Radvanyi, Pierre
سرگذشت اتم / پی یررادوانی و مونیک بوردری؛ پیشگفتار ازموریس
ژاکوب؛ ترجمه عبدالحسین نیک گهر. ــ تهران: سروش، ۱۳۷۰.
۲۸۶ص.: مصور، نمونه، عکس.
عنوان اصلی: Histories d'atomes
واژه‌نامه.
۱. اتم ــ تاریخ. الف. بوردری، مونیک Bordry,Monique
ب. نیک گهر، عبدالحسین، ۱۳۱۶ــ مترجم. ج. عنوان.
QC ۱۷۳/۱۸ ۵۳۹/۱۴

واحدتولیداطلاعات آرشیوهاوکتابخانه‌های صداوسیما

This is a Persian translation of
HISTOIRES D'ATOMES
Par: Pierre Radvanyi et Monique Bordry
Préface de Maurice Jacob
Édition Belin, Paris, 1988.
translated by A. Nikgohar

انتشارات سروش
انتشارات صداوسیمای جمهوری اسلامی ایران

تهران، خیابان استادمطهری، تقاطع خیابان دکترمفتح، ساختمان جام‌جم
چاپ اول: ۱۳۷۰
ویراستاران: جهانگیر افکاری و علی فروزفر
پانچیست: مریم سلوکی
نمونه‌خوان: محمدرئوف مرادی
صفحه‌آرا: محمد کرمی
طراح روی جلد: شهرام گلپریان
ناظرچاپ: ابراهیم گودرزی
لیتوگرافی: تندیس
حروفچینی: لاینوترون انتشارات سروش
این کتاب در ده هزار نسخه در چاپخانهٔ کاوش چاپ و در شرکت صحافکار تهران صحافی شد.
همهٔ حقوق محفوظ است.
بها: ۱۱۰۰ ریال

فهرست

سپاسگزاری ۷
پیشگفتار ۹
اوستیو ۱۳

یکشنبه؛ جادوی اعداد ۱۷
آیا بهار باز خواهد گشت؟ ۱۹
هماهنگی اعداد ۲۶
در اهمیت رصد و نظاره ۳۴
همه چیز بر مدار است ۴۰
چه کسی این غذا را سفارش داده است؟ ۴۷

دوشنبه؛ «ساکت باش، خیال می کنند ما کیمیاگریم.» ۵۳
«مامان کوچولو چنگ دارد» ۵۴
طالع بینها و کیمیاگران شهر صد برج ۵۷
کِی دیده شده که یك عنصر شیمیایی به عنصری دیگر مبدّل شود ۶۲
قانونمندی تبدّلات رادیو اکتیو ۷۰

سه‌شنبه؛ آقای وزیر، من به نشان افتخار احتیاج ندارم، من محتاج یك آزمایشگاهم. ۷۵
چگونه سفالگر ناچار شد تخته‌های سقف خانه‌اش را به جای هیزم بسوزاند. ۷۶
راز چینی سازی چگونه از نو کشف شد. ۸۱
«پرتوهای معلق در تاریکی همیشه دلیل تازه‌ای برای هیجان و شیفتگی بوده‌اند.» ۸۳
کجا به قیصر آلمان توصیه‌هایی شد ۸۹
از پشیز آزمایشگاه تا پیشهٔ پژوهشگر ۹۶

چهارشنبه؛ از مکتب ملطی تا مکتب کپنهاگ ۱۰۷
نخستین از حکمای سبعه ۱۰۸
آیا امور عالم تصادفی است؟ ۱۱۲
روح مکتب کپنهاگ ۱۲۲

«نباید درخردمندی بورتردید کرد.» ۱۲۶

پنجشنبه: پروتون مثل یك تمشك است با هسته‌هایش ۱۳۳
چگونه میکادو تصمیم می گیرد قدم به عصر جدید بگذارد ۱۳۳
«دانستن... ماهی... خوشبخت...» ۱۳۷
از قلهٔ کوههای راکی تا سردابهای نزدیك واتیکان ۱۴۴
چه ردّ عجیبی! ۱۵۳
رنگ کوارکها ۱۶۰

جمعه: آیا نوترونها کاربردی هم دارند؟ ۱۶۵
یافتم، یافتم! ۱۶۶
کنشهای اورانیوم ۱۶۸
مشکلات جِرم بحرانی ۱۷۷
نامهٔ آلبرت اینشتین ۱۸۴
چگونه سرش را توی این کار کرده است؟ ۱۹۵
آلسوس از آب رود راین نمونه برداری می کند ۲۰۱
دنیایی بسته یا باز؟ ۲۰۷
علم، وجدان اخلاقی، افکار عمومی ۲۱۶

شنبه: ستاره‌ای وسط روز ۲۱۹
منظرهٔ رود درروز جشن بهار ۲۲۰
ستاره‌ای خوش یُمن ۲۲۴
عمر زمین و خورشید ۲۳۳
غول پیکران سرخ، کوتوله‌های سفید... ۲۳۹
غول پیکران آبی: اَبَرنو اَختر ۱۹۸۷ ۲۴۷

ضمایم
۱. چند زندگینامهٔ مختصر ۲۵۷
۲. فرهنگ اصطلاحات ۲۶۹
چند عنصر سنگین رادیو اکتیو ۲۷۵
فهرست راهنمای موضوعی ۲۷۷
فهرست نامها ۲۸۱

سپاسگزاری

موریس ژاکوب با نوشتن پیشگفتار این کتاب، ما را سرافراز کرد.
ژاك فریدل، کارل گارد، هلن لانژوَن، مینگ وونگ و اِوری شاتزمان، لطف کردند و برخی ازداستانهایی را که در این کتاب روایت شده است خواندند و تذکرات مفیدی دادند. گونار تیبل، ما را در پیستهای اسکی اوستبو همراهی کرد.
ماریتا کورز خاطراتش را از آزمایشگاه پاول در بریستول در ۱۹۴۷، دراختیار ما گذاشت.
ما همچنین از اختر فیزیکدانانی که به پرسشهای ما دربارهٔ ابر نواختران پاسخ دادند، سپاسگزاریم.
ما مراتب حقشناسیمان را به اشخاص و مؤسسات زیر اعلام می کنیم:
دیتریش هان، ژان گاگْنِرو، رودولف واپنیك، اورسولا امان، تاکئو هازگاوا، سومی یوکاوا، اسپنسر ویرت، و به کتابخانهٔ نیلس بور در انستیتوی فیزیك آمریکا، اریك رودینگر و به آرشیو نیلس بور در کپنهاگ، امیل هینتس ازمرکزملی تحقیقات علمی در بُن و به آرشیو جامعهٔ ماکس پلانك، به انستیتوی کارنِگی واشینگتن، به آزمایشگاه ملی بروکهاون، به رصدخانهٔ اروپایی جنوب، همچنین به انجمن فردریك و ایرن ژولیوکوری که پاره‌ای از عکسها و اسناد را دراختیار ما گذاشتند.
و بالاخره به خانواده‌هایمان که لطف کردند، حوصله به خرج دادند و این صفحات را مرور کردند.

پ. ر. م. ب

پیشگفتار

من دهکدهٔ اوستبو[1] را نمی شناسم، اما اسپاتند[2] را که مثل اوستبو در کوهستانهای نروژ، پرت افتاده است خوب می شناسم. آنجا، هر دو سال یك بار، حدود یکصد تن فیزیکدان، که مثل من در فیزیك ذرات تحقیق می کنند، به مدت یك هفته دور هم جمع می شوند. من با اطمینان خاطر می توانم بگویم که این ملاقاتها اثرات مفیدی به‌بار می آورند. ورزش اسکی در چند ساعتِ روز در ماه ژانویه به مباحثاتی که در جلسات سمینارها ادامه می یابد و به اندیشه‌های پژوهشی که در میان گذاشته می شود غنا و نیرو می بخشد.

باری، همین میعاد فیزیکدانها در فضای زمستانی کوهستانهای نروژ است که زمینهٔ هفت روایت این کتاب را فراهم می سازد. دلم می خواهد بگویم هفت حکایت اوستبو؛ چرا که هر فصل کتاب، داستانی مستقل است که می توان جداگانه خواند. این داستانها ما را به فضا و زمان در دوردستها می برند، دربارهٔ علم، دربارهٔ آدمهایی که علم‌را به پیش می برند و نیز دربارهٔ دنیای پیرامون آنان چیزهای جالبی برای ما روایت می کنند؛ دنیا و آدمهایی که به حکم تاریخ عوض می شوند، اما روحیه و اراده ای که باقی می ماند.

هر یك از این هفت حکایت در قالب روایت یك شب ارائه شده است. در آنها برای گروه جوانان اسکی باز، که این فیزیکدانها در هفتهٔ اقامت مشترکشان با آنها در فضای سنگین و باشکوه کوهستانهای برفی، کنجکاویشان را برانگیخته‌اند، از فیزیك حرف

---

1. Ustebu 2. Spatind

می زنند. حرف از اسکی شمال به همین جا ختم می شود و به بهانهٔ هر داستان، رویدادها، اسناد و شواهد تاریخی فراوانی آورده می شود که برای تفکر دربارهٔ ماهیت پژوهش در فیزیك، که انگیزه اش چیست، مایهٔ زیستش از کجاست، منبع شکوفاییش در چیست، بسیار آموزنده است. گاه مستندات مؤسسه‌های پژوهشی فرانسه روی برفهای نروژ بال می گسترانند، و خواندن این روایتها برای هر کسی که به فیزیك و بیشتر از آن به همهٔ مسائل انسانی و مالی برای تحقیق علاقه‌مند است، می تواند بسیار آموزنده باشد.

کار تحقیق، گران تمام می شود. پژوهش نه تنها یك حرفه، بلکه هدف و رسالت نیز شده است. مردم، که کمکهای مالیشان گرچه گاه بی شائبه هم نیست، اما همیشه گره گشاست، می خواهند بدانند پشت تحقیق چه چیزی پنهان شده است. براستی چیزی پنهان نیست. همه چیز بر روی پرده و در معرض دید عموم نهاده شده است، منتها افسوس که علم برای بسیاری از مردم هنوز کتابی ناگشوده است. زبان علم پر از مفاهیم و معادلات والایی است که تنها برای کسانی قابل فهم است که عمری را صرف یادگیری آن کرده باشند. این حقیقت به شیوه ای زیبا در قالب یکی از داستانها از زبان نیلس بور بازگو شده است: «حقیقت و روشنی، دو مفهوم مکملند». فیزیکدانها می خواهند حقیقت نهفته در دل طبیعت را بهتر بشناسند؛ حقیقتی که به نظر، یك شدن است و برای فهم انسانی ما همچون مماس ازلی است؛ به آن نزدیك می شود اما داخل نمی شود. باری، وقتی آنها سعی می کنند آنچه را که آموخته‌اند به زبان ساده و با مفاهیم آشنا برای عموم بیان کنند، گاه ممکن است زبانشان روشن نباشد. آنها می خواهند حرفهایشان برای همه مفهوم باشد، اما همیشه این احساس ناخوشایند را دارند که نکند از چیزها جز تعبیری ساده شده ارائه ندهند و میل باطنیشان به اینکه آنچه را می دانند به زبان دقیق بیان کنند، گاه در برابر این ساده گویی ناروا سرکشی می کند. مگر نیلس بور نگفته است: «یك حقیقت ساده چیزی است که خلافش غلط است، اما یك حقیقت عمیق چیزی است که خلافش هم یك حقیقت عمیق است»؟ نتایج به‌دست آمده از تحقیقات بنیادی را با عموم مردم در میان گذاشتن، همیشه کار دشواری است!

با وصف این، خوانندهٔ ناآشنا با فیزیك نمی تواند در برابر شیوایی سبك و حماسهٔ روایات ایستادگی کند و به آنها دل نسپارد؛ ضمن آنکه از رهگذر این داستانها معلوماتی هم در فیزیك کسب می کند. این هفت داستان، شرح ساختار مادّه است؛ از فلسفهٔ یونانی

گرفته تا کیمیاگران سده‌های میانه، از ساختار اتمی تا ساختار کوارك[۳] پروتون. وحدت بزرگ فیزیك باعث می شود که کلید آغاز و تحول جهان ما درژرفنای ماده جست وجو بشود و این چیزی است که به طرزی عالی در این کتاب پیش روی ما نشان داده شده است. خوانندگان فیزیکدان، و خصوصاً بیشتر آنهایی که از سالهای ۶۰ (که با گسترش وسیع تحقیقات فیزیکی مقارن است) به طور حرفه‌ای به تحقیق در فیزیك اشتغال داشته‌اند، می توانند چیزهای زیادی دربارهٔ علمشان بیاموزند، و ببینند چند دهه پیش از دورهٔ شکوفایی، علم فیزیك در چه وضعی بوده است.

همان‌طور که ریچارد فینمان[۴] گفته است، آموزش فیزیك، سخن گفتن از شگفتیهای دنیاست و هم به دست دادن ابزارهایی که بتوان این شگفتیها را سنجید و ارزیابی کرد. حکایتهای این کتاب از شگفتیهای بسیار پرده برمی‌گیرند. اگر نمی توانند همهٔ ابزارهای لازم برای سنجش و ارزیابی کامل آنها را به دست بدهند، در عوض می توانند علاقه‌مندانی را که اینها را برای بیشتر دانستن کافی نمی یابند، برای بیشتر آموختن و بهتر سنجیدن برانگیزند.

این «داستانهای اتم» لطفی خاص دارند. از واقعیتهای علمی و شناختهای تازه‌ای که پژوهش به‌بار می آورد گذشته، این داستانها بر خصلت عمیقاً انسانی تحقیق علمی و بر نقش بسیار مهمی که پژوهش در فرهنگ انسانی ایفا می کند، تأکید دارند.

در این باره سه مضمون اصلی را می توان خاطرنشان کرد: **جست‌وجوی دانش**، **تقسیم دانش** و **مسئولیت دانش**. این سه مضمون را در هر یك از روایتها، با قالبها یا با شرح و بسطهای متفاوت، اما همیشه با اهمیتی شایسته بازمی یابیم. این عنصر فرهنگی تحقیق در این روایتها همه جا حاضر و ناظر است. هر کسی می تواند و می باید، حتی بدون دانستن زبان دقیق فیزیك ــ که متأسفانه اغلب آن را مأیوس کننده می دانند ــ مفاهیم و معادلاتی را که تبیین می کند به اطلاع دیگران برساند.

در منشاء هر تحقیق، میل شدیدی به دانستن و تقسیم آن با دیگران وجود دارد. منظور، هم یادگرفتن است و هم متقاعدکردن دیگران. فیزیکدان با اسرار طبیعت و با انسانهای دیگر و در وهله اول با همکارانش سر و کار دارد. نتیجه، البته باید گرفته شود.

---

۳. quarks برای شرح به فرهنگ اصطلاحات رجوع شود. ــ م.

4. Richard Feynman

منتها این به تنهایی کافی نیست، لازم است دیگران هم آن را به مثابهٔ حقیقت علمی بپذیرند. در این صورت، ممکن است دیدگاههای آنها از دنیا تغییر و گاه به کلی صورتی دیگر پیدا کند. برای این منظور، نتیجهٔ حاصله باید در معرض وارسیهای متعدد قرار گیرد، و کوششی طولانی و جدی برای متقاعدکردن به عمل آید!

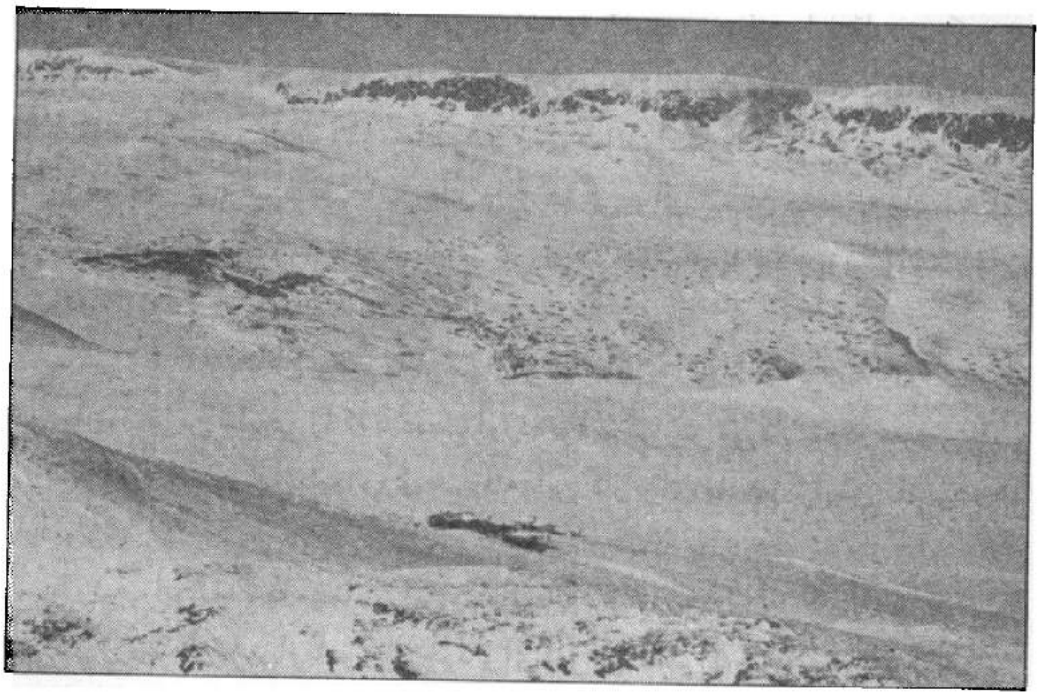
این تماس اساسی با دیگران، قطعاً مرزها و فرهنگهای سنتی را به ماورای آن گسترش می‌دهد. تماس با دیگران، خود یکی از جنبه‌های شورانگیز تحقیق است. امور را از دیدگاهی معیّن دیدن و با شور و حرارت تجزیه و تحلیل کردن و آنها را با بسیاری از پژوهشگران بخشهای دیگر جهان در میان گذاشتن، سبب می شود که دانشمند پیوسته خود را در تماس ببیند و با کثرت فرهنگها که از جاذبه‌های سرنوشت بشری است، هماهنگی پیدا کند. اگر کنجکاوی علمی که عمیقاً با سرشت انسانی آمیخته است محرك پژوهشگری است، مهارکردن پاره‌ای از پدیده‌های طبیعی هم که از این رهگذر میسّر می گردد، دیر یا زود شیوهٔ زیست ما را تغییر خواهد داد. از آنجا که دنیای ما بدبختانه آکنده از فقر و بی عدالتی گستاخانه است، هر شناخت تازهٔ علمی می تواند با نقش عافیت سنجش خود دلیل مهمی برای پیشرفت باشد. با وصف این، کاربردهای زیان آور گذشته و بالقوهٔ آن، بر کسی پوشیده نیست. حد مسئولیت خاص کار علمی کجاست؟ امکان ندارد برای این پرسش پاسخی پیدا کرد، ولی به نظر می آید که مسئولیت روشن و صریحی وجود داشته باشد: فهمانیدن آنچه خود می‌داند. این «داستانهای اتم» غالباً به این مسئولیت می‌پردازد. اگر این داستانها از این درایت برخوردارند که راه حلی پیشنهاد نمی کنند، در عوض به طور درخشانی موفق می شوند که حساسیت خواننده را برانگیزند.

موریس ژاکوب

رئیس بخش مطالعات نظری

مرکز اروپایی انرژی هسته‌ای (CERN) ژنو

اوستبو



ما برای یك هفته در ماه ژانویه به نروژ رفته بودیم، تا در «هفتهٔ پژوهش» فیزیك هسته‌ای، دردهکدهٔ کوهستانی اوستبو، که در فاصلهٔ چهارساعتی راه زمینی اسلو درشمال غربی آن واقع است، شرکت کنیم.

مهمانخانهٔ ما خارج دهکده بود. در این هنگام سال، قشر برف، ضخیم وروزها کوتاه است: خورشید حدود ساعت ده صبح طلوع و نزدیك سه بعدازظهر غروب می کند. در این ایام، بندرت جهانگردی پیدا می شود.

روزهای ما یکنواخت می گذشت: ساعت هفت ونیم، در تاریکی شب از کلبه‌هایمان خارج می شدیم، گاه از جاده فاصله می گرفتیم تا با ماشینهای برف روب که از همان ساعات با چراغهای روشن دست به کارشده بودند، برخورد نکنیم. ما برای صبحانه به ساختمان اصلی مهمانخانه می‌رفتیم. صبحانهٔ پُروپیمان ما عبارت بود از نان یا سوخاری، نیمرو، ماهیهای لذیذ، بُرشهای نازك پنیر، کره وهمه‌رقم مربا. پس ازصرف صبحانه، به سالن اجتماعات می‌رفتیم که در چند قدمی آنجا بود. وقتی که از خلال پنجره‌ها نخستین سپیدهٔ فجر، سپس تابش نخستین شعاعهای خورشید را روی کوه می‌دیدیم، یکی دوساعتی بود که به کار مشغول شده بودیم. جلسهٔ بامدادی، پیش ازظهر خاتمه می یافت، وما، پس ازیك ناهار سرپایی، ازچند ساعت هوای آزاد، در دامنه‌ها یا روی پیستهای اسکی که در اطراف دریاچه‌ها کشیده شده‌اند، استفاده می کردیم. می گویند، کمی به سمت جنوب، دریکی ازاین دره‌های منزوی، آنجا که دهقانان تمامی فصل زمستان در مزرعهٔ خوددر محاصرهٔ برف بوده‌اند، اسکی[1] اختراع شده است. پس ازاین هواخوری وصرف فنجانی چای داغ، همگی برای شنیدن سخنرانیهای مختلف به سالن کار بازمی گشتیم تا موقع شام. پس از صرف شام، به تالار بزرگ اجتماعات می‌رفتیم.

ما، سی نفر فیزیکدان بودیم که ازچهارگوشهٔ عالم به آنجا آمده بودیم، ودرزمینهٔ کار خودمان، آخرین نتایجی را که به دست آورده بودیم گزارش می دادیم ودرمعرض نقدو بررسی مشترك می گذاشتیم. روی هم رفته، این کار برای ما، هم گزارش کار بود وهم بازآموزی.

با وصف این، ما تنها مهمانان این مهمانخانهٔ بزرگ نبودیم. یك گروه سی نفری از جوانان ورزشکار، همراه با مربّیان خود برای تمرین اسکی به آنجا آمده بودند. حضور این جوانان در مهمانخانه، فضای شاد و پر تحرکی ایجاد می کرد.

ازهمان اولین شب ورود، شنبه‌شب، به هنگام شام، ما کنجکاوی آنها را برانگیخته بودیم! مکالمات ما، با استفاده ازواژه‌های فنی، و عادت ما به ترسیم خطوط و نوشتن معادلات روی دستمال سفرهٔ کاغذی، خیلی زود توجه آنان را جلب کرد. صبح روزبعد،

---

۱. Ski کلمه‌ای است نروژی به معنای پاافزاری ازچوب، فلز یا پلاستیك که نوك آن از جلو به بالا خمیده است و برای سُریدن روی برف به پا می کنند. ــ م.

دختر جوانی به یکی از میزهای ما نزدیك شد تا بپرسد ما چه کاره‌ایم و در اوستبو چه می‌کنیم. حتماً برای جوانان ورزشکار، وسیلهٔ دیگری هم بود تا در این باره بیشتر بدانند.

باری، ما پذیرفتیم که کنجکاوی آنان را اقناع کنیم: قرار شد هر شب یکی از ما حکایت کند.

از رویدادهای بزرگ تاریخ قدیم شروع می‌کردیم و با چند ماجرای تاریخِ خودمان به پایان می‌رساندیم.

۱
یکشنبه
جادوی اعداد

۴	۹	۲
۳	۵	۷
۸	۱	۶

هوا خیلی سرد بود، اما جوانان ورزشکار، مثل ما فیزیکدانان تصمیم داشتند که کفشهای اسکیشان را به‌پا کنند. ما پس از اسکی، به جلسهٔ کار، پای تختهٔ سیاه برگشتیم. سرِ شام، همه خسته و کوفته بودند. پس از خوردن شام، به تالار برگشتیم. یکی از فیزیکدانها از جایش برخاست و برای حاضران توضیح داد: «هفت نفر از ما که از کشورهای مختلف آمده‌اند، به نوبت، هفت ماجرای علمی را، از کشف ذرات خیلی کوچك تا مطالعهٔ ستارگانی که جهان ما را احاطه کرده‌اند، برای شما روایت خواهند کرد. معلومات ما در طی قرنها، پیشرفت زیادی کرده است. ما می‌خواهیم در هر روایت، مشاهدات و تلاشهای پی درپی را در محل و در دورهٔ مخصوص به خودش قرار دهیم. بدین‌سان، ما با هم دنیا را سیاحت خواهیم کرد ــ از انگلستان تا ژاپن ــ و زمان را ــ از قدیم‌ترین ایام باستانی چین یا یونان تا قرن بیستم. پرسشهای شما مایهٔ خشنودی ما خواهد شد؛ شما هر وقت مایل باشید می‌توانید پرسشتان را مطرح کنید. اینك آقای اسْوِن، نخستین روایتگر ما.»

من نامم اسْوِن گوستافسون[1] است و در دانشگاه اوپسالا[2]ی سوئد، که بیش از پنج قرن از تأسیس آن می گذرد، کار می کنم.

از قدیم ترین ایام، انسان همیشه لازم دیده کمیتهای دنیای فیزیکی را به کمك اعداد، اندازه گیری کند. در جریان این مشاهدات، گاهی میان اعداد، روابطی شگفت انگیز کشف شده است. سالها، بل دهه‌ها گذشت بدون آنکه ما دلیل ذاتی آن را بفهمیم.

آرزوی علمی ما این است که پشت سر پدیده‌های پیچیده، روابط ساده‌ای کشف کنیم. گاهگاهی، از جمله در تحقیقات جدید، به نظم و به تقارنی برمی خوریم که برای ما نشانهٔ خواص بنیادی تری هستند که هنوز آنها را نمی شناسیم. ما در جست وجوی این ترتیبها، این پیاپی بودنهای احتمالی هستیم، که گاه خیلی آشکار و گاه ناپیدا و فرّارند. حتی انحراف از یك چنین ساختاری هم ممکن است الهامبخش گردد؛ چه بسا همین انحرافها به نوبهٔ خود از تناوبی بودن تازه‌ای پرده برگیرند. همان طور که فیزیکدان بزرگ فرانسوی پی یر کوری[3] در پایان قرن گذشته به‌خوبی بیان کرده است: «وقتی که برخی علتها برخی معلولها را به‌بار می آورند، عناصرِ تقارن علتها باید در معلولها موجود باشند. وقتی که برخی از معلولها نشانه‌ای از بی تقارنی بروز می دهند، این بی تقارنی باید در علتهایی که آنها را ایجاد کرده‌اند موجود باشد». این نقل قول ممکن است خیلی انتزاعی به نظر آید، اما من آن را به کمك مثالهایی توضیح خواهم داد که گاه از بی نهایت بزرگ، اجرام سماوی، و گاه از بی نهایت خُرد، ذرات تشکیل دهندهٔ ماده، خواهم گرفت.

نخستین انسانها از پاره‌ای پدیده‌های طبیعی مثل آذرخش، تندر، توفان، آتشفشان، وحشت زده می شده‌اند. در عوض، با رویدادهایی منظم تر، مثل حرکتهای آفتاب، ماه و ستارگان، که می توانستند آنها را به زور، به شب، به فصول ربط بدهند، بیشتر اُخت می شده‌اند. هر گسیختگی در این نظم، مایهٔ وحشت آنها می شده: مثلا کسوف وخسوف یا رؤیت ستاره‌ها دنباله‌دار. انسانهای ماقبل تاریخ، در برابر این پدیده‌هایی که نمی شناختند خرافه‌پرست می شدند. سپس در یك دورهٔ بعدی، مسئولیت نظم طبیعی را به خدایانی قدرتمند نسبت دادند. ما، تا آغاز عصر جدید، و شاید تا زمان خودمان در ذهن عامهٔ مردم به تناوب به اسطوره و پیشرفت علمی برمی خوریم. هر بار که برای پدیده‌ای

---

1. Sven Gustafsson 2. Uppsala 3. Pierre Curie

توضیحی پیدا نمی شود، وسوسه برای پناه جستن به چیز غیر عقلایی یا فوق طبیعی بالا می گیرد.

آیا بهار بازخواهد گشت؟

بسیاری از افسانه‌های قدیم، دلالت دارند بر ترس نخستین انسانها از اینکه مبادا خورشید در پایان شب طلوع نکند، یا بهار در پایان زمستان بازنگردد. مثلا، به عقیدهٔ یونانیان باستان، دمتر[4]، الههٔ حامی کشتزارها و محصولات کشاورزی، دختری از زئوس[5] به دنیا آورد به نام پِرسِه‌فونه[6] که زیبایی خیره کننده‌ای داشت. هایدس[7]، برادر زئوس و خدای دوزخها، عاشق او شد. روزی که پِرسِه‌فونه در چمنزاری در سیسیل، گلهای نرگس می چید، زمین در کنارش باز شد، و هایدس اورا به سراپردهٔ خود در اقلیم دوزخها برد. پرسه‌فونه از خدایان کمك طلبید و به درگاهشان استغاثه کرد، اما زئوس به این ربایش رضایت داد. دمتر که از فریادها هراسان شده بود آسیمه‌سر مدت نه شبانه‌روز دنیا را برای پیداکردن دخترش زیر پا گذاشت، تا اینکه هِلیوس[8]، خدای آفتاب، که همه چیزرا می بیند، اورا از آنچه گذاشته بود آگاه کرد. الههٔ خشمگین تصمیم گرفت دیگر به آسمان بازنگردد. او از سر زمینی به سر زمینی دیگر می‌رفت و آداب کشت وزرع را به آدمیان می آموخت، طرز به‌کاربردن خیش را به عده‌ای و شیوهٔ کشت گندم را به گروهی دیگر آموخت. با وصف این، غیبتش از آسمان، زمین را سترون کرد. خدایان تصمیم گرفتند پادرمیانی کنند، زیرا نظم طبیعی، زیر ورو شده بود. آنها تصمیم گرفتند پرسه‌فونه را به مادرش بازگرداند، به‌شرط آنکه در دنیای زیر زمین تا آن وقت چیزی نخورده باشد. هِرمِس، که خدایان اورا به عنوان پیك به محل فرستاده بودند، دریافت که پرسه‌فونه یك حبّه انار که هلیوس آن را به نشانهٔ عشقش به او پیشکش کرده بود، خورده است: دیگر بازگرداندن همیشگی او به روی زمین ممکن نبود. خدایان درصدد مصالحه‌ای برآمدند: سرانجام قرار شد پرسه‌فونه هر ساله در موسم بهار به‌مدت هشت ماه به روی زمین نزد مادرش بازگردد و در پایان پاییز به مدت چهارماه نزد شوهرش به زیر زمین برود. تا هر وقت که او از مادرش جدا مانده باشد، زمین سترون و زمستان خواهد شد. پرسه‌فونه نمادی از رویش گیاهان و بذر مدفون در دل خاك به هنگام زمستان

---

4. Demeter 5. Zeus 6. Persephone 7. Hades 8. Helios

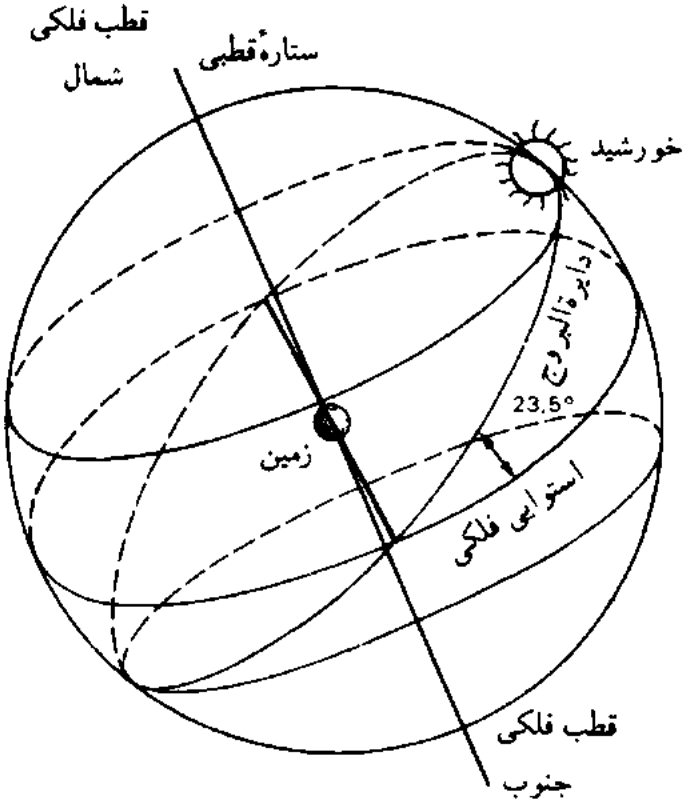
است که در بهار جوانه می‌زند.

در آغاز، انسان از فراوردهٔ شکار، صید و چیدن میوه‌های وحشی تغذیه می‌کرد. دیری نپایید که به شمارش غنایم خود نیازپیدا کرد. او این کار رامثلا با قط زدن در دیواره‌های سنگی یا چوب انسجام می‌داد. سپس دامداری و بعد کشاورزی و یکجانشینی هر کدام ضرورتهای تازه‌ای را تحمیل کردند: نیاز به اعداد بزرگ‌تر، نیاز به مسّاحی و اندازه‌گیری فاصله‌های زمانی، نیاز به دستگاه عددی بر مبنای گروهبندی واحدها. چه طبیعی‌تر از این، که از شمار انگشتان دو دستمان به عنوان پایهٔ دستگاه شمارش استفاده کنیم؟

یك مثال خیلی جالب، استفاده از اعداد سنجش زمان است که نهایتاً ما را به تعیین تقویم سوق می‌دهد. فی الواقع، برای بذرپاشی، برداشت محصول، زاد و ولد رمه‌ها، برای پیشگویی بازگشت فصلها، لازم بود تقویمی تعیین گردد. در اغلب تمدنها، مردانی که اجرای مناسك دینی را برعهده داشتند، مسئول تهیه و تدوین تقویم نیز بوده‌اند.

بنابراین، تقویم برای زندگی مدنی و برای مناسك دینی، اهمیت داشت. چرخه‌های خورشیدی طبیعتاً با کارهای کشاورزی، و چرخه‌های ماه با امور دینی ارتباط داده شده بود. نخستین تمدنهای بزرگ در نواحی جنوبی پدیدار شدند، خواه در بین النهرین، در حوضهٔ مدیترانه‌ای، در چین یا در امریکای مرکزی؛ مناطقی که در آنجا شبها روشن و مشاهده آسمان و رصد ستارگان آسان‌تر است.

روز برای زمان، پایهٔ واحد طبیعی بود؛ فاصلهٔ دو طلوع متوالی. واحد طبیعی بعدی، ماه قمری بود؛ از رؤیت هلال ماه نو تا رؤیت هلال ماه بعدی. با این همه، یك «ماه قمری» با تعداد کاملی از روزها برابر نبود؛ آنچه که به تناوب ماههای ۲۹ روزه و ماههای ۳۰ روزه انجامید. سومین واحد طبیعی، سال بود، که طی آن، خورشید از تعدادی مسیرهای متوالی متفاوت در آسمان عبور می‌کرد. یك سال، فاصلهٔ زمانی دو عبور متوالی خورشید از یك نقطه درصفحهٔ دایرةالبروج است. مردمان قدیمی، از سومریها تا چینیها، از مصریها تا یونانیها، جابه‌جاییهای سالانهٔ خورشید را نسبت به صُوَر فلکی ستارگان ثابت، رصد کرده بودند. آنها طلوع و غروب برخی از ستاره‌ها را اندکی قبل از



زمین در یك صفحهٔ مایل ۲۳/۵ درجه نسبت به صفحهٔ استوایی به دور خورشید می چرخد: این صفحه دایرةالبروج است که خورشید حرکت ظاهری سالانه‌اش را در آن انجام می‌دهد.

طلوع یا اندکی پس از غروب آفتاب، در برخی از روزهای سال یادداشت می کردند. «منجمان» آن دوره گمان می کردند، ستاره‌ها در آسمان به دور محوری می چرخند که از مجاورت ستارهٔ قطبی می گذرد. آنها توانستند استوای فلکی[9] را در صفحهٔ عمود بر این محور، که از محل رصد می گذشت، تعیین کنند. خورشید در حرکت ظاهری سالانه‌اش از این استوای فلکی عبور نمی کرد، بلکه از یك مسیر مایل موسوم به *منطقة البروج*[10] می گذشت.

آن روز از سال که برای ما، خورشید در آسمان بلندترین ارتفاع را دارد، *انقلاب صیفی*[11]، ۲۱ ژوئن، (اول تیر) است. در این روز سایهٔ تیرك چوبی که در زمین فرو کرده

---

9. Equateur céleste 10. Ecliptique 11. Solistice d'été (انقلاب تابستانی)

باشیم کوتاه‌تر از همیشه است. چنین تیرکی، وقتی که از آن برای رصد و اندازه‌گیری زمان استفاده شود، *شاخص*[۱۲] خوانده می‌شود؛ منشاءِ مِسلّة[۱۳] و صفحهٔ ساعت آفتابی که نخستین ساعتهای عمومی بودند از آنجاست. آن روز از سال که خورشید به وقت ظهر در آسمان کمترین ارتفاع را از زمین دارد؛ روزی که سایهٔ شاخص بلندتر از همهٔ روزهاست، *انقلاب شتوی*[۱۴] و مصادف با ۲۲ دسامبر (اول دی) است. بالاخره، دوبار در سال، مدت روز و شب برابر است که *اعتدال ربیعی*[۱۵]، ۲۱ مارس (اول فروردین) و *اعتدال خریفی*[۱۶]، ۲۳ سپتامبر (اول مهر) نامیده می‌شوند. این چهار لحظهٔ سال که عموماً با چهار فصل سال متناظر هستند، از زمانهای بسیار قدیم شناخته شده بودند، مثلا مجموع سنگچینهای استونهنج[۱۷] در جنوب انگلستان، ۱۹۰۰ سال قبل از میلاد بنا شده‌اند؛ محورهای بنای آن، در بلندترین و در کوتاه‌ترین روز سال و در اعتدالین با جهت طلوع و غروب خورشید متناظر است.

در بسیاری از تمدنها مدت سال با زمانی تعیین می‌شد که دو انقلاب شتوی متوالی را جدا می‌کرد. مصریها حدود ۴۰۰۰ سال قبل از میلاد، مدت سال را با تعداد روزهایی که میان دو طلوع متوالی ستارهٔ شعرای یمانی[۱۸]، درست قبل از طلوع آفتاب، فاصله بود، اندازه می‌گرفتند. بابلیها و نخستین مصریها سال را ۳۶۰ روز تعیین کرده بودند که می‌شد آن را به ۱۲ ماه ۳۰ روزه تقسیم کرد، سپس آن را با پنج روز اضافی تکمیل کردند. به‌یقین، منشاء تقسیم دایره به ۳۶۰ درجه، همین تقسیم سال به ۳۶۰ روز است. چینیها قبل از همهٔ اقوام به تقویم دقیق سال دست یافتند و آن را به طوری که در متون قدیمی شوجینگ[۱۹] درج است، ۳۶۵ روز و یک چهارم روز محاسبه می‌کردند؛ و محیط دایره را به $\frac{1}{4}$ ۳۶۵ قسمت مساوی تقسیم می‌کردند. برای کسانی که می‌خواستند تقویم سال را

---

12. Gnomon

13. Obélisque : ستون عظیم و مرتفع تراشیده از سنگ به شکل سوزن که عمودی نصب کنند

14. Solistice d'hiver (انقلاب زمستانی)

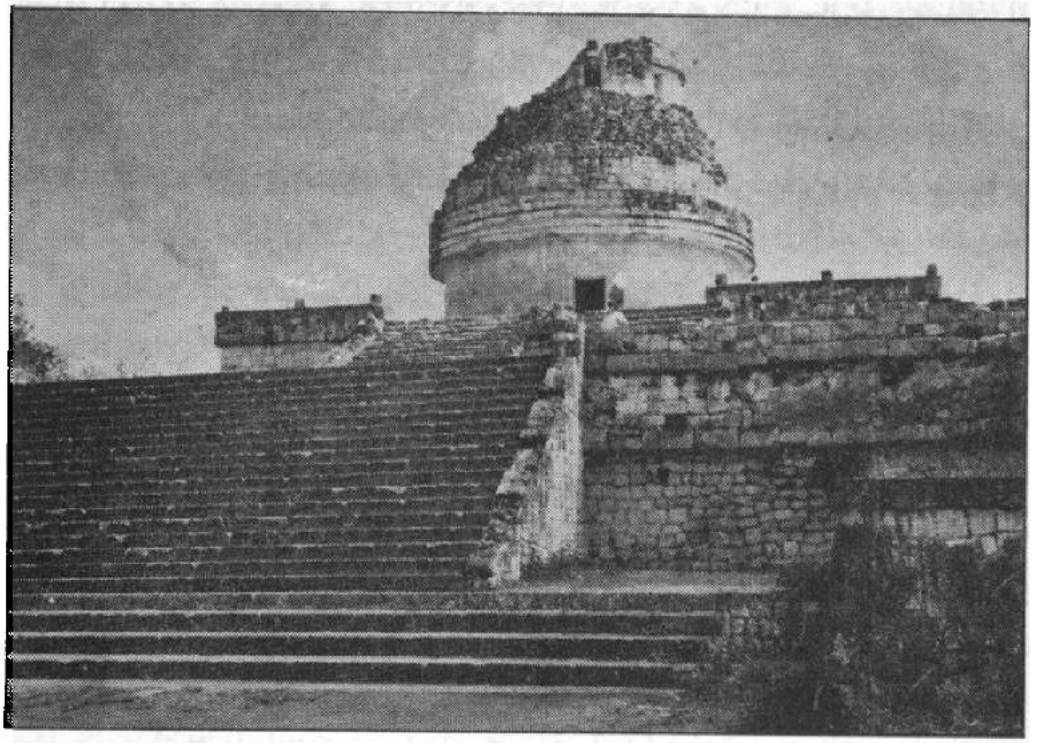
15. L'équinoxe de printemps (اعتدال بهاری)

16. L'équinoxe d'automne (اعتدال پاییزی)

17. Stonehenge

۱۸. نام لاتینی آن Sirius و صورت فلکی آن «کلب اکبر» (سگ کلان) Canis Major است. ـــم.

19. Shu-jing



رصدخانهٔ خیخن ـ ایتزا [20] موسوم به «ال کراکول» [21] (حلزون) که مایاها آن را در قرن یازدهم یا دوازدهم میلادی بنا کرده‌اند (شبه‌جزیرهٔ یوکاتان [22] ـ مکزیك).

تعیین کنند، مشکل از آنجا ناشی می شد که سال خورشیدی نه شامل تعداد کاملی ماه قمری (هر یك ۲۹/۵۳ روز) بود و نه تعداد کاملی روز (۳۶۵/۲۵ روز). بنابراین، لازم بود تصحیحی به عمل آید، و این تصحیح به تدریج انجام گرفت و تقویمهایی پی درپی ایجاد شد.

عدد ۳۶۵/۲۵ به ۲۹/۵۳ تقسیم‌پذیر نیست و می باید تدابیری اندیشیده می شد. ملتهای قدیمی ــ چینی، عبری، یونانی یا کلدانی ــ روزها یا ماههای قمری اضافی به آن می افزودند. چینیها این عمل کبس یعنی الحاق ماه قمری اضافی را با مفهوم نگار خاصی نمایش می‌دادند. آنها می‌دانستند که ۱۹ سال خورشیدی دقیقاً با ۲۳۵ ماه قمری برابر است؛ این تعداد ماههای قمری برابر بود با ۱۹ سال ۱۲ ماههٔ قمری به

---

20. Chichen-Itza 21. el caracol 22. Yucatan

اضافهٔ ۷ ماه قمری، که کافی بود آن را روی ۱۹ سال توزیع کنند تا سال خورشیدی را با دقت قریب به کمتر از یك روز اختلاف در هر ۳۲۰ سال تعیین کنند. این چرخهٔ ۱۹ سال رامِتون آتِنی[۲۳] هم مستقلا کشف کرده بود و آن را در سال ۴۳۲ قبل از میلاد، به یونانیانی که به مناسبت بازیهای المپیك گرد آمده بودند، اعلام کرده بود. هنوز هم چرخهٔ مِتونی در تقویم عبری معمول است.

در مناطق دیگر دنیا تقویمهای متفاوتی به کار می‌رفت:

ـ مایاهای[۲۴] امریکای پیش از کشف کریستف کلمب از دو تقویم استفاده می‌کردند: یکی برای مناسك دینی، که سال آن ۳۶۵ روز بود و به ۱۸ ماه ۲۰ روز تقسیم می‌شد، پنج روز اضافی هم به عنوان بدشگون به آن می‌افزودند؛ دومی، تقویمی بود مخصوص غیبگویی و از ۲۶۰ روز تشکیل می‌شد. از ترکیب دو تقویم، یك چرخهٔ پایهٔ ۵۲ سال به دست می‌آمد. منجمان مایا رصدخانه‌هایی بنا کرده بودند که از برجهای آن می‌شد با دیدبانی ساده، جهات حرکت برخی از کواکب، مثلا طلوع یا غروب ماه یا ستارهٔ زهره را در اعتدالین و در انقلابین ردیابی کرد.

ـ تقویم اسلامی، سال قمری است، که در آن آغاز ماه قمری با رؤیت هلال ماه تازه مقارن است: ۳۴ سال قمری با ۳۳ سال خورشیدی گرگوری[۲۵] برابر است.

اروپاییان، به سهم خود، ارتباط ماه تقویمی را از مراحل ماه قمری بریدند، و نهایتاً برای یافتن مدت دقیق سال، ماههای سال را یك در میان ۳۰ روز و ۳۱ روز و ماه فوریه را ۲۸ یا ۲۹ روز تعیین کردند. در زمان امپراتوری ژولیوس سزار در سالهای کبیسه، فوریه ۳۰ روزه بود و در سالهای دیگر ۲۹ روزه. وقتی که نام ماه اوت را به افتخار امپراتور اوگوستوس، اگوست برگزیدند، برای مردان سیاسی آن زمان، گران آمد که این ماه ۳۰ روزه باشد، و ماه قبل از آن، ژوئیه، که به نام ژولیوس سزار نامگذاری شده بود، ۳۱ روزه. چارهٔ کار را در این دیدند که یك روز از ماه فوریه بردارند و آن را به ماه اگوست بدهند. این آشفتگی تقویم تا زمان ما دوام آورده است! در تقویمی که پاپ گرگوریوس (گرگوار) سیزدهم، در سال ۱۵۸۲ تأسیس کرده است، سالهای مضرب ۱۰۰ که به ۴۰۰ تقسیم‌پذیر نیستند، کبیسه به حساب نمی‌آیند، تا این واقعیت که مدت سال دقیقاً ۳۶۵ روز و یك چهارم روز نیست، منظور گردد.

---

23. Méton d'Athènes 24. Mayas

۲۵. منسوب به پاپ گرگوریوس سیزدهم. ـ م.

آغاز سال که می توان آن را دلبخواه تعیین کرد، همیشه یکسان نبوده است. برای رومیهای قدیم، سال در ابتدای ماه مارس آغاز می شد؛ زمان حکومت شارلمانی، نوئل آغاز سال بود. برای ما، انقلابین و اعتدالین آغاز فصلهای چهارگانهٔ سال هستند؛ برای چینیها میانهٔ فصلها را مشخص می کنند. سال سنتی چینی در آغاز بهار شروع می شود. تعیین آغاز سال در اول ژانویه، در سال ۱۵۶۷ در فرانسه و در ۱۷۵۲ در انگلستان معمول شد، و با نوان متشخص انگلیسی به آن اعتراض کردند، زیرا سه‌ماه به سنشان افزوده می شد؛ کارگران به خیال اینکه سه‌ماه از دستمزدشان را از دست می دهند، بلواهایی به راه انداختند، و لُرد چسترفیلد[۲۶] را در کوچه‌های لندن با فریاد: «سه‌ماه ما را پس بده!» دنبال کردند.

کلدانیها و یونانیها پنج ستاره را نسبت به سایر ستارگان که ثوابت گفته می شوند، متحرك تشخیص داده بودند. آنها را متحیّر یا سرگردان (سیارات[۲۷]) نامیدند. برای کلدانیها اخترشناسی و طالع بینی ارتباط تنگاتنگی با هم داشتند. سابقهٔ تعیین صُوَر فلکی در طول منطقة‌البروج و تجسم آنها با علائم بروج دوازده گانه به رصدهای آنها می رسد. این علائم و حرکت سیارات، به آنها امکان می داد که جدولهای طالع بینی تهیه کنند. یونانیها، در عوض، در صدد توصیف و تبیین منطقی این حرکات متفاوت بر آمدند.

تقسیم به هفتهٔ هفت روزه امری دلبخواه بوده است. شاید سابقه‌اش به تقسیم ماه قمری به چهار قسمت مساوی متناظر با مراحل چهارگانهٔ ماه برسد. بعضیها ابتکار آن را از کلدانیها دانسته‌اند. در هر حال، صورت مکتوب آن، نخستین بار در «عهد عتیق» ظاهر می گردد، و یکی از پایه‌های تقویم عبری است. بعدها روم مسیحی آن را پذیرفت. هفت روز هفته تعبیرهای اسطوره‌ای پیدا کردند، و آنها را به هفت سیاره که در آن زمان شناخته شده بودند، ربط دادند. پنج سیاره: مریخ، عطارد، مشتری، زهره، زحل ــ به اضافهٔ خورشید و ماه. کلیسای مسیحی بیشتر این نامگذاریها را حفظ کرد؛ «روز آفتاب»[۲۸] که هنوز هم به همین نام در کشورهای شمال اروپا نامیده می شود، ــ در فرانسه به «روز خدا»[۲۹] تبدیل شد؛ روز «ساتورن» (زحل) در برخی از زبانها به روز

---

26. Lord Chesterfield 27. Planetes

۲۸. Sunday به انگلیسی و Sonntag به آلمانی

29. Dimanche

سَبَت (شنبه) مبدل شد.

تصمیم گرفته شد روز را به تعداد ماههای سال قسمت بندی کنند. نتیجهٔ آن، نخست تقسیم روز به ۱۲ قسمت مساوی بود، که نزد کلدانیها و در تمدن باستانی چین معمول بود. مصریها روزِ دوازده ساعته (برای روز و شب) را ابداع کردند: به آسانی می شد دایره‌ای را به شش قسمت مساوی ۶۰ درجه، و هر قسمت آن را به چهارجزء ۱۵ درجه تقسیم کرد تا به تقسیم دایره به ۲۴ قسمت مساوی دست یافت.

هماهنگی اعداد

حالا از تقویم به اعداد بازگردیم. همان طور که افلاطون گفته است: «نظارهٔ گردش روز و شب، تحولات سال، اعتدالین ربیعی و خریفی و انقلابین صیفی و شتوی بود که ما را به کشف اعداد برانگیخت، مفهوم زمان را به ما القاء کرد، و وسایل مطالعهٔ ماهیت هر چیزی را در اختیار ما گذاشت».

بی شبهه، استاد بزرگ عدد، فیثاغورس یونانی است که افسوس دربارهٔ زندگیش اطلاعات چندانی نداریم، همین قدر می دانیم که در نیمهٔ اول قرن ششم قبل از میلاد در جزیرهٔ ساموس[۳۰] متولد شده است، با مکتب ملطی آشنا بوده است و احتمالا به مصر سفر کرده و در آنجا با فن طب آشنا شده است، در فنیقیه به هندسهٔ نو پا تعلق خاطر پیدا کرده و از سفر به کلده معلومات زیادی دربارهٔ اختر شناسی و اساطیر و سنتهای رمزی مخصوصاً در ارتباط با طالع بینی با خود به یونان آورده است. می گویند او نخستین کسی بود که واژهٔ فلسفه را در معنای جامع علم، دین، اخلاق و سیاست به کار برد. او درساموس به آموزگاری اشتغال داشته تا آنکه در حدود چهل سالگی به کروتونا[۳۱] در جنوب ایتالیا مهاجرت کرده و در آنجا انجمن یا مؤسسه‌ای که منشاء مکتب فیثاغورسی شده تأسیس کرده است. فیثاغورس از خود اثر مکتوبی به جا نگذاشت و ما بیشتر از بانی مکتب، با خود مکتب آشنا هستیم. تعلیمات او در عین حال، هم شامل معقولات بود و هم باورهای رمزی.

به فیثاغورس تعدادی اکتشافات ریاضی نسبت می دهند: قضیه‌ای که به نام او شهرت دارد و مربوط است به تناسب میان اضلاع مثلث قائم الزاویه، مجموع زوایای

---

21. Crotona

مثلث قائم‌الزاویه، ساختن اشکال گوناگون هندسی و مبانی محاسبه نسبتها. فیثاغورسیان، دانش حساب را توسعه دادند و به طوری که خواهیم دید، شماری نشانه‌های رمزی در آن داخل کردند. در حالی که فیثاغورس دانش خود را از راه تعلیم اشاعه می‌داد، مکتب او که راه «استاد» را ادامه می‌داد، کم کم صورت نوعی انجمن سرّی را پیدا کرد که اعضایش یافته‌هایشان را در خواص ریاضیّات به قید سوگند به اطلاع یکدیگر می‌رسانیدند. روایت می‌کنند که در قرن چهارم پیش از میلاد، هیپاسوس[۳۲] عضو یکی از انجمنهای فیثاغورسی رادر حمام خانه‌اش خفه کردند، چون راز کشف یك دوازده وجهی منظم را به رایگان افشاء کرده بود. گاهی از فیثاغورسیان به عنوان پیروان کیشی یاد می‌کنند که لباده‌های سفید می‌پوشیدند و تشریفات خاص را مراعات می‌کردند، اما برخی از فلاسفهٔ یونانی بر این عقیده‌اند که فیثاغورس علم حساب را به سطحی بالاتر از نیازهای بازرگانان ارتقا داده است. برای فیثاغورس و فیثاغورسیان «همهٔ چیزها از عدد، تعیّن می‌یابد، به عبارتی، اصل، منشاء و ریشهٔ هر چیز عدد است» و کیهان در نهایت، چیزی جز هارمونی (هماهنگی) گسترده نیست.

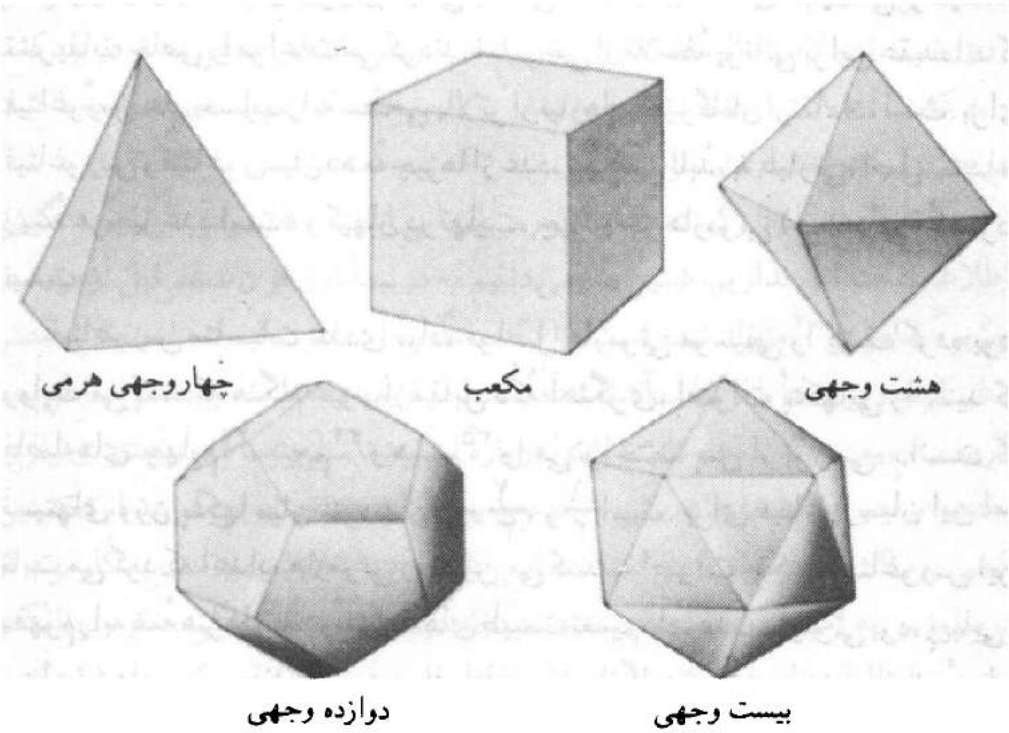
فیثاغورس مناسبات عددی سادهٔ فواصل هارمونی موسیقی را کشف کرده بود. روایت می‌کنند که هنگام عبور از مقابل دکّهٔ آهنگری، اصوات پُتکهایی را شنید که فاصله‌های چهارم[۳۳]، پنجم[۳۴] و هشتم[۳۵] را می‌نواختند. پس از بررسی، دانست که نسبتهای وزن پتکها میان خودشان $\frac{۳}{۴}$، $\frac{۲}{۳}$، و $\frac{۱}{۲}$ است. برای فیثاغورسیان این امر ثابت می‌کرد که اعداد، هارمونی را تعیین می‌کنند نه اصوات. مکتب فیثاغورس این مفهوم را به همهٔ هنرها و به همهٔ شاخه‌های طبیعت تعمیم داد. عدد، هارمونی بود، زیبایی و جهان نیز هارمونی بودند. بی تردید، افراط در ساده‌انگاری در آن به چشم می‌خورْد، اما در مجموع، مفهوم بسیار پر باری را با خود داشت.

فیثاغورسیان از اعداد اوّل، یعنی اعدادی که جز به خودشان و به عدد یك، به هیچ عدد دیگری تقسیم‌پذیر نیستند، فهرست تهیه کردند. آنها همچنین اعدادی را که «کامل» می‌نامیدند تعریف کردند؛ اعدادی که مجموع همهٔ مقسوم علیه‌هایشان مساوی با خود عدد است: مثلا عدد ۶ مجموع ۱، ۲ و ۳ است. آنها «اعداد مربعی» را تعریف

---

32. Hippasus 33. quarte 34. quinte 35. octave

کردند که مجموع رشتهٔ اعداد فردی است که یك عدد مربع می سازد؛ اعداد ۱، ۴، ۹، ۱۶... و همچنین «اعداد مثلثی» را تعریف کردند که حاصل جمع چند جمله‌ای متوالی یك تصاعد عددی هستند، مثل اعداد ۱، ۳، ۶، ۱۰. عدد مثلثی ۱۰ که مساوی حاصل جمع اجزای دگر بخش خود شامل زوج و فرد است «تتراکتیس»[۳۶] نامیده می شد، نماد مثلث تام و پایهٔ همه‌چیزها بود. فیثاغورسیان کشف کرده بودند که تنها پنج چندوجهی منتظم وجود دارد که عبارتند از چهاروجهی هرمی، چهاروجهی منتظم (مکعب)، هشت وجهی، دوازده وجهی و بیست وجهی. آنها برای این چند وجهیها ویژگیهای جادویی قائل بودند.



پنج چند وجهی منتظم که فیثاغورس و فیثاغورسیان شناسایی کرده‌اند.

در همهٔ تمدنها به اعدادی با خصوصیات جادویی برمی خوریم، اما لزوماً اعداد ثابتی نیستند. اگر همهٔ اعتقادات و باورها را به حساب بیاوریم، همهٔ اعداد، جادویی

---

36. tetraktys

محسوب می شوند و رمزهایی به آنها چسبانده‌اند. در اروپا و در حوزهٔ مدیترانه، چند عدد اول مخصوصاً سه عدد ۳، ۷ و ۱۳ سعد یا نحس شمرده می شدند.

عدد ۳ را نزد هیتی های[۳۷] باستان می یابیم. ابتدا برای آن معنایی جنسی قائل بودند. نماد دو مثلث که ستاره‌ای می سازد از یهودیهاست. فیثاغورسیان برای آن فضیلتی عرفانی قائل بودند. آن را به صورت یك مثلث تنها در دین مسیحی بازمی یابیم.

عدد ۷ یادآور «عجایب هفتگانهٔ دنیا»، «حکمای سبعهٔ» یونان، هفت روز هفته، شمعدان هفت شاخه، هفت رنگ رنگین کمان، هفت سیارهٔ ایام باستان (امروز تعداد بیشتری سیاره شناخته‌شده است) و بالاخره، یادآور این است که پیش از حرف زدن، هفت بار زبان را در دهان بچرخانی!

خرافاتی که با عدد ۱۳ آمیخته است، بی تردید ریشه در «شام آخر» دارد، که مسیح و ۱۲ تن از حواریونش از جمله «یهودا» بر سر میز «سِن»[۳۸] حاضر بودند: و به علت حضور شخص اخیر است که ۱۳ حامل نحوست است، تا جایی که در بیشتر هتلها اتاق شماره ۱۳ وجود ندارد![۳۹]

همچنین با عدد ۶۶۶، عدد وحش، که شرح آن در آخر این کتاب «عهد جدید» در «مکاشفهٔ یوحنای رسول»[۴۰] آمده است، آشنا هستیم.

در خاور دور اعدادی که باید دوست داشت یا از آنها بیمناك بود متفاوتند. عدد ۷ سعد است به دلیل ۷ خدای خوشبختی ــ شی چی فوکو ــ جین[۴۱] های ژاپنی. در عوض، عدد ۴ و عدد ۹ که تلفظ آن در زبان چینی ژاپنی کلمات مرگ و بدی را تداعی می کند، نحس شمرده می شوند.

برای چینیهای باستان پنج جهت اصلی وجود داشت: شرق، جنوب، مرکز، غرب و شمال و همچنین پنج عنصر: چوب، آتش، خاك، فلز، آب؛ و پنج رنگ که با پنج عنصر متناظر بودند: سبز ـ آبی، قرمز، زرد، سفید و سیاه.

---

37. Hittites 38. Cène

۳۹. نحوست ۱۳ در میان ایرانیان باستان و مراسم ۱۳ به در نوروز، ریشهٔ دیگری دارد. ــم.

۴۰. «در اینجا حکمت است پس هر که فهم دارد عدد وحش را بشمارد، زیرا که عدد انسان است و عددش ۶۶۶ است» باب ۱۳، آیهٔ ۱۸. ــم.

41. shi - chifuku - jin

جدولهای مربع جادویی، نظیر جدول ۳×۳ خانه‌ای که جمع اعداد سه‌خانهٔ آن از هر سمت افقی، عمودی و مورّب مساوی ۱۵ می‌شود، خیلی زود ساخته شد[۴۲]. قدیمی‌ترین مربع جادویی را در کتاب چینی دگردیسها، یی جینگ، که حدود ۱۰۰۰ سال پیش از میلاد نوشته شده است، بازمی‌یابیم. دراین کتاب آمده است که فوخی[۴۳] امپراتور افسانه‌ای چین، نقش اسرارآمیزی را بر پشت حیوانی نمادی دید؛ این نقش مفهوم دوتصویر ابتدایی را به او القا کرده است، یك خط ممتد نمایندهٔ یانگ[۴۴] ــ فعال، آسمانی، نورانی، نرینگی ــ و یك خط شکسته ین[۴۵] ــ منفعل، زمینی، تیره، مادینگی ــ. از ترکیب این خطوط، یك مجموعهٔ ۴ تصویری، سپس ۸ تصویر سه بَر و بالاخره ۶۴ تصویر شش بر نمادی به‌دست می‌آید.

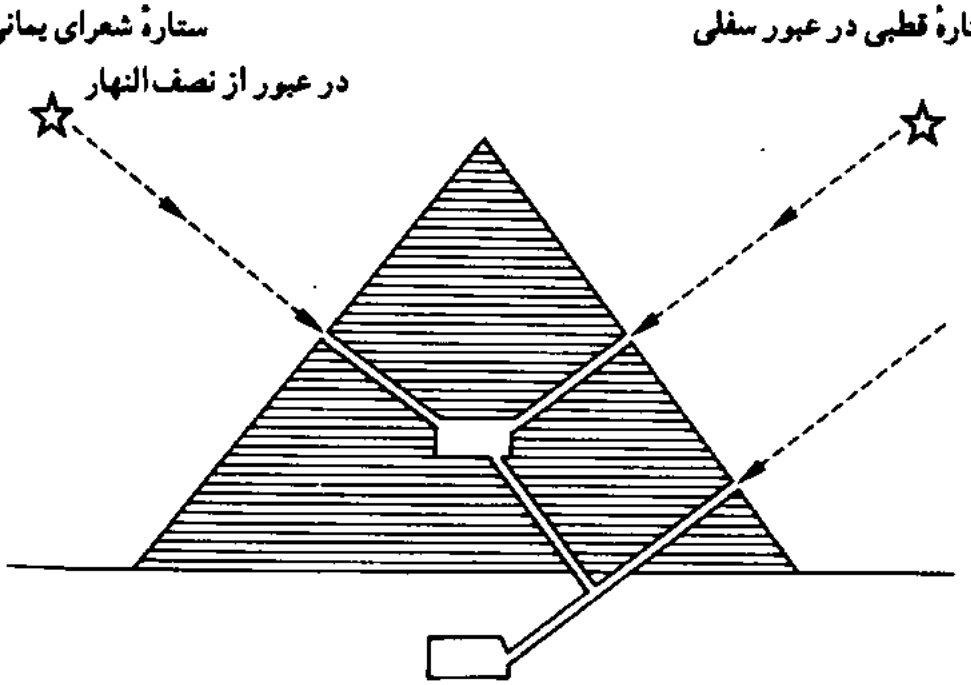
از همان ایام باستان سعی می‌شد روی زمین قواعد نظم و دورهٔ تناوبی پدیده‌های فلکی که با اعداد، و خواصشان و متناظر با هارمونی الحان نمایش داده می‌شد، شناخته شود. شکلهای فوق‌العاده منتظم بلورها، طرز قرار گرفتن گلبرگها، گلها یا برگها بر روی شاخه‌ها، پاسخی به این معیارها به نظر می‌رسیدند. زیبایی آثار انسانی که در بناهای شکوهمند، پیکرتراشیها و نقاشیها حلول کرده است باید از همان قوانین تبعیت کرده باشد.

انسانها می‌خواستند در بناهای عظیمی که برپا می‌کنند برخی از عناصر نظم طبیعی را وارد کنند. در بنای اهرام بزرگ مصر که به دستور فراعنهٔ سلسلهٔ چهارم ساخته شده است، ما، هم عناصر اخترشناسی را بازمی‌یابیم و هم خصوصیات عددی را که در آن عصر شناخته شده بود. چهار برِ اهرام، محاذی عمود بر چهار جهت اصلی است. پی برده‌اند که نصف محیط قاعدهٔ این هرمها تقسیم بر ارتفاعشان تقریباً با عدد پی (π) برابر است. در هر حال، مسلم است که برای مصریان قدیم، روش سادهٔ ساختن یك مثلث قائم‌الزاویه، استفاده از ویژه‌گی نسبت $۳^۲+۴^۲=۵^۲$ بوده است؛ یعنی ترسیم

---

۴۲. بدوح طلسمی که از یك مربع نُه خانه تشکیل می‌شود که اعداد ۱ تا ۹ را طوری در آن قرار می‌دهند که از هر سمت حاصل جمع برابر ۱۵ یا به حساب ابجد از حروف گوشه‌های مربع لفظ بدوح تشکیل می‌گردد. سابقاً در ایران در پشت پاکتها ارقام گوشه‌های مربع را به صورت «۲۴۶۸» می‌نوشتند تا نامه حتماً به دست طرف برسد. مأخذ دائرة المعارف فارسی مصاحب. ــ م.

43. Fu-xi 44. yang 45. yin



جهت‌یابی ستاره‌شناختی هرم بزرگ خوفو

مثلث قائم‌الزاویه‌ای، به کمك طناب گره‌دار، که طول اضلاعش به نسبت ۳، ۴ و ۵ باشد. در هرم بزرگ خوفو[۴۶] (یا خئوپس) روزی از سال که ستارهٔ شعرای یمانی درست لحظه‌ای قبل از طلوع آفتاب طلوع می‌کند و از طغیان قریب‌الوقوعِ نیل خبر می‌دهد، در لحظه‌ای که این ستاره از نصف‌النهار عبور می‌کند، نورش از منفذی مستقیماً به درون اتاق سلطنتی تا سر فرعون می‌تابد. دو منفذ دیگر در وجه مقابل، طوری تعبیه شده‌اند که نور ستارهٔ قطبی را به هنگام عبور سُفلایش از نصف‌النهار به درون اتاق هدایت می‌کند.

اوریگن[۴۷] و آوگوستینوس قدیس[۴۸] متذکر می‌شوند که به موجب *کتاب مقدس*،

---

46. Kheops

۴۷. Origène حکیم مسیحی ۱۸۵؟ـ۲۵۴؟ متولد مصر، صاحب تألیفات متعدد.

۴۸. Saint-Augustin (۳۵۴ـ۴۳۰) از متألهان مسیحی، نویسندهٔ *مدینهٔ الهی* است.

«تابوت عهد»[۴۹] موسی (ع) و کشتی نوح (ع) همان نسبتها را داشته‌اند، نسبت طول به عرض و به ارتفاع برابر با ۳/۵/۳۰ بوده است. درون محراب معبد سلیمان، یك حجم مکعبی تام بود. نسبتهایی از این نوع در ساختمان کلیساها دیده می شود. غالباً نقشهٔ یك کلیسای جامع یاکلیسای ساده، با بدن انسان مقایسه شده است که سر آن باید به سوی شرق باشد. چونان ادیان مصری و ایرانی (زرتشتی)، نیایش در کلیسای مسیحی در راستای آفتاب طالع صورت می گیرد. به گواهی سِفر تکوین، بهشت درشرق است؛ رومیان معتقد بودند که مدخل دوزخها در غرب است.

نسبتی که غالباً درمعماری از آن استفاده شده است، نسبت ملکوتی، یا عدد طلایی گفته می شود:

$$(۱+\sqrt{۵})/۲=۱/۶۱۸$$

ویتروو[۵۰]، معمار رومی، کلیات مهمی دربارهٔ فنون معماری به جا گذاشته است. او معماری را به عنوان پاره خطی می شناسد که به دوقسمت تقسیم شده است؛ به نحوی که میان قسمت کوچك به قسمت بزرگ نسبت همان باشد که میان قسمت بزرگ به کل وجوددارد. چنین نسبتی در نگاه، چشم را می نوازد. به موجب این دستورالعمل می توان مربع مستطیل طلایی ساخت که ابعادش نسبت ملکوتی داشته باشند. اگر به این مربع مستطیل، درضلع بلندش مربعی بیفزاییم، یك مربع مستطیل طلایی تازه به دست می آوریم. نقاشان بزرگی چون لئوناردو داوینچی[۵۱]، رافائل[۵۲] یا نیکولا پوسن[۵۳] از این عدد طلایی استفاده کرده اند. نزدیك تر به زمان ما، نقاشان کوبیست، مثل بسیاری از هنرمندان دیگر، از هندسه استفادهٔ وافر کرده‌اند. لوکوربوزیه[۵۴]، معمار و شهرساز معاصر، برای خلق هماهنگی در بناها، به کمك نسبت ملکوتی، آن چه را که خودش «مدول طلایی[۵۵]» می نامد تعریف کرده است که با قامت انسانی که بازوانش را بلند کرده، نمایش داده شده است؛ ناف، قامت انسان را به نسبت طلایی تقسیم می کند.

---

۴۹. Ark of the Covenant به فرانسه Arche d'Alliance de Moise، صندوقی که حضرت موسی (ع) به امر خدا، دولوح محتوی احکام عشره و عصای هارون و حقه منّ و تورات را در آن قرار داد. (رك دایرة المعارف مصاحب). ـــم.

50. Vitruve 51. Leonard de Vinci 52. Raphaël 53. N. Poussin
54. Le Corbusier 55. Modulor

با مثال اخیر رشتهٔ کلام را از دست دادیم. باید به جهان بینی و به اسباب کار، متفکران بزرگ یونانی، آنجا که آنان را رها کردیم، بازگردیم. آنان در طبیعت و در عناصر تشکیل دهندهٔ ساده‌ترش، انتظام و تقارن می‌دیدند. ذیمقراطیس (دموکریتوس) در اواخر قرن پنجم (ق. م.) با معرفت شهودی نبوغ آمیز می گفت که ماده از عناصر اولیه‌ای به نام «اتمها» که بسیار کوچك و تقسیم ناپذیرند تشکیل شده است.

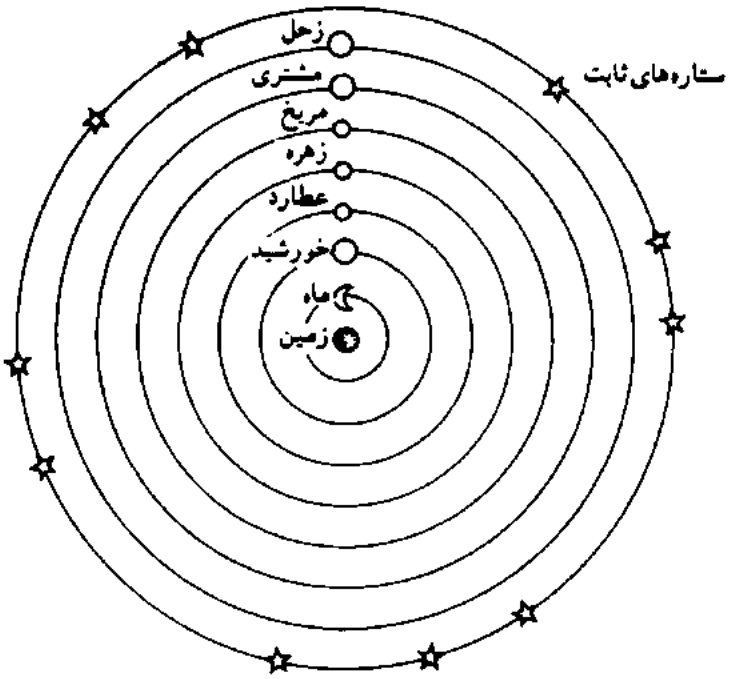
نیم قرن بعد، افلاطون، با افکاری شاید محافظه‌کارانه‌تر، که گاهی به افسانه‌ها نزدیکتر بود تا به واقعیتها، در «تیمایوس»[۵۶] مفهومش را از دنیا بیان می کند. دراین مکالمه، تیمایوس فیثاغورسی می گوید که خدا کار آفرینش را با چهار عنصر آتش، خاك، آب و هوا، آغاز کرده است. «خدا با واسطهٔ مفاهیم و اعداد به هر کدام از آنها پیکر بندی متمایزی داده است. خدا آنها را از حالت بی نظمیشان بیرون کشیده و به زیباترین و به بهترین وجهی جمع کرده است، این، آن اصلی است که باید پیوسته راهنمای ما باشد...»

چهار عنصر پایه باید از حجمی تشکیل شده باشند، که از آن میان، سطح از اجزایی که می توان به مثلثها تجزیه کرد، تشکیل شده است. به نظر افلاطون، اینها زیباترین حجمهایی هستند که باید برگرفت. ما آنها را در چند وجهیهای منتظم بازمی یابیم که سطوحشان از مثلثهای متساوی الساقین یا از مربعهایی (که به دو مثلث قائم الزاویهٔ متساوی الساقین قابل تجزیه‌اند) تشکیل شده است. خاك از مکعبها تشکیل شده است، آتش از چهار وجهیها، هوا از هشت وجهیها و آب از بیست وجهیها. خدا از دوازده وجهیها برای کامل کردن تصویر کیهان استفاده می کند.

تیمایوس پس از فراغت از شرح عناصر تشکیل دهندهٔ ماده، به شرح الگوی افلاطونی آسمان می پردازد؛ هفت سیاره روی هفت مدار مستدیر برگرد زمین قرار دارند: ماه (قمر) در مدار اول، خورشید دوم، ستاره صبح، زهره در مدار سوم، عطارد در مدار چهارم، مریخ، مشتری و زحل به ترتیب در مدارهای پنجم و ششم و هفتم. آنگاه افلاطون به شرح هماهنگی افلاك آسمانی می پردازد. پس از او، سیسرون[۵۷] در *رؤیای سیپیون*[۵۸] چنین می نویسد: «افلاك از فواصل نامساوی اما با نسبت صحیحی ترکیب شده‌اند، هماهنگی از حرکت افلاك به بار می آید که از الحان بم و از الحان زیر تشکیل

---

56. Timaios 57. Cicéron 58. Le Song de Scipion



هفت مدار مستدیر و فلك ستارگان ثابت در نظر افلاطون

شده، همزمانی الحان از همهٔ این نُتهای گوناگون، کنسرتی سرشار از ملودیها می سازد».

بیش از ۲۰۰۰ سال بعد گوته[۵۹] در پیش درآمد فاوست[۶۰]، از زبان ملك مقرب رفائیل ندا می‌دهد: «آفتاب به شیوهٔ قدیم درهماوازی هماهنگ افلاك طنین انداز است و گردش منظمش با سرعت صاعقه انجام می گیرد.»

در اهمیت رصد و نظاره

برای فیثاغورسیان و افلاطون، طبیعت می باید به زیبایی عدد تعظیم کند. اعطای چنین مقامی به عدد البته مبالغه آمیز است، اما در عین حال از شهودی عمیق تر خبر می‌دهد. از روابط عددی ساده می توان به قوانین و به واقعیتی ژرف پی برد. آنچه مردم

59. Goethe 60. Faust

پس از آن می آموزند این است که نباید اعداد را بر تن واقعیت پوشانید، بلکه باید آنها را از راه نظاره و تجربه در واقعیت کشف کرد.

افلاطون در مدرسهٔ «آکادموس» خود شاگردان متعددی تربیت کرد که پرآوازه‌ترینشان ارسطو، اودوکس[۶۱] و هراکلیتوس[۶۲] اهل پونتوس، نخستین اخترشناسی که حرکت وضعی زمین دور محور خودش را برای تبیین حرکت ظاهری ستارگان پذیرفت.

ارسطو، مستوفی اسکندر کبیر بود که شهر اسکندریه را در دهانهٔ رود نیل به مدیترانه بنا کرد. وقتی اسکندر درسال ۳۲۳ (ق.م.) درگذشت، یکی از سردارانش به نام بطلمیوس ملقب به سوتر (=رهاننده) پادشاه مصر شد. هم او بود که شهر اسکندریه را به یکی از مراکز مهم علمی آن عصر ارتقا داد و کتابخانه‌ای بزرگ (که ژولیوس قیصر روم آن را به آتش کشید) با یك موزه در آن شهر تأسیس کرد.

نیازهای تازه‌ای که از توسعهٔ تمدن، مثلا در امر دریانوردی پیدا شده بود، پیشرفتهای جدیدی را در ریاضیات ایجاب می کرد. باید معلوم می شد کشتی درچه فاصله‌ای از ساحل است تا بتوان موقعیت را از روی ستارگان، معیّن وجهت گیری کرد. باید کوشش می شد تا ابعاد کیهان معین و نقشه‌های آسمان و زمین تهیّه گردد. ریاضیدانان برجسته‌ای مایهٔ فخر این عصر شدند. اقلیدس صاحب «اصول هندسه»، ارشمیدس سیراکوزی که توانست دقیق تر از همهٔ پیشینیانش عدد گنگ (یا اصم) π (پی) را محاسبه کند. آپولونیوس[۶۳] پرگایی که مخروطات را مطالعه کرد. دیوفانتوس[۶۴] اسکندرانی که حساب و مخصوصاً جبر را توسعه داد.

همچنین از کارهای چهارتن از اخترشناسان برجستهٔ حوزهٔ اسکندریه درشگفت می شویم. آریستارخوس[۶۵] ساموسی که بین سالهای ۳۱۰ و ۲۳۰ (ق.م.) می زیست،

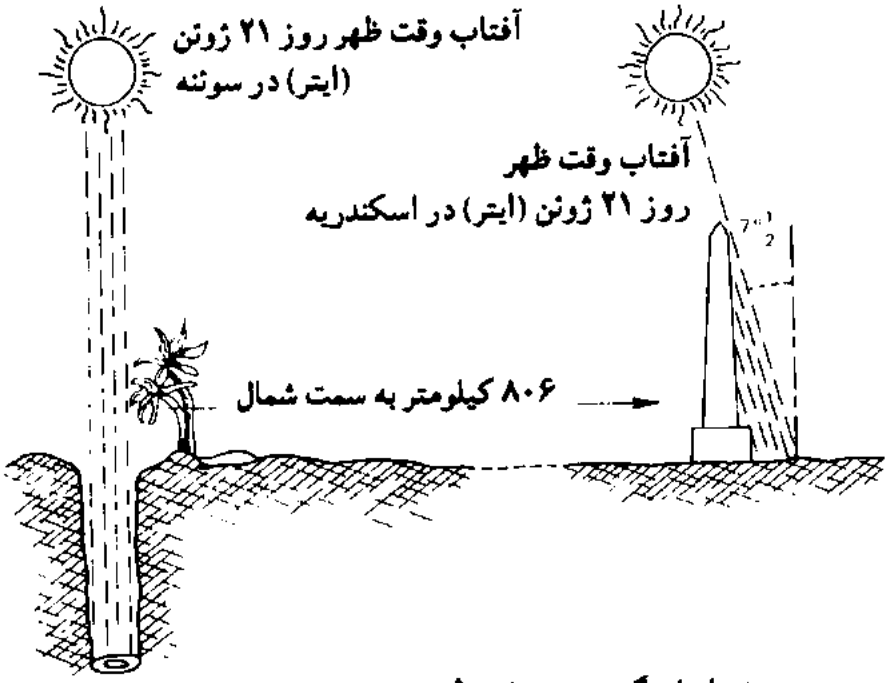
---

61. Eudoxe

۶۲. Heraclide du pont هراکلیتوس فیلسوف یونانی (۵۳۵ ـ ۴۷۵ ق.م.) معتقد بود در عالم، چیزی که واقعیت دارد تغییر و تحول است و ثبات، تصوری موهوم بیش نیست. هر چیز، ضد خود را با خود دارد. از این رو وجود و عدم، همه چیز را شامل می شود. ـــم.

63. Apollonios 64. Diofantos 65. Aristarxos

در نجوم، پیشگام کُپرنیك[۶۶] بوده است. بی تردید، او نخستین کسی بود که گردش زمین به دور خود و به دور خورشید را به تصور آورد. متأسفانه درسهای او دراین باره در زمانه‌اش بازتابی نیافت. اریستارخوس، با تعیین زمانی که میان رؤیت نیم قرص ماه (نیمهٔ قرص ماه که از نور آفتاب روشن است) و اولین ربع ماه (نصف زمان میان ماه نو و بدر کامل) می گذرد، نخستین اخترشناسی بود که فاصلهٔ نسبی زمین را از ماه و از خورشید اندازه گرفت.



روش اندازه گیری محیط کرهٔ زمین به توسط اراتستن
(۸۰۶ کیلومتر با ۷/۵ درجه از ۳۶۰ درجه محیط زمین متناظر است).

اِراتُستن[۶۷] مدیر کتابخانهٔ اسکندریه که در قرن سوم قبل از میلاد می زیست، پی برد

---

۶۶. کپرنیك اخترشناس لهستانی (۱۴۷۳ـ۱۵۴۳ م) در ۲۳ سالگی به ایتالیا رفت و پزشکی وستاره شناسی خواند. در ۱۵۰۶ به لهستان بازگشت و به کارهای پزشکی، تدریس ریاضی و ستاره شناسی پرداخت. در ۷۰ سالگی کتاب بزرگ خود در *بارهٔ اجرام آسمانی* را به چاپ رسانید که در جهان دانش انقلابی به پا کرد. او را پدر نجوم نوین می شناسند. ـــم.

67. Eratosthene

که در سوئنه (آسوان کنونی) در مصر علیا، تقریباً در همان طول جغرافیایی اسکندریه چاه بسیار عمیقی هست که در یکی از روزهای سال، هنگام ظهر، خورشید در درون چاه انعکاس پیدا می کند. اِراتُستن تصمیم گرفت ظهر همان روز، زاویهٔ سایهٔ ستونی را در اسکندریه، که درفاصلهٔ ۸۰۶ کیلومتری شمال سوئنه بود، اندازه بگیرد. این زاویه تقریباً $\frac{1}{2}$ ۷ درجه بود که توانست بر مبنای آن محیط کرهٔ زمین را محاسبه کند و به رقم ۲۵۰۰۰۰ استادیوم[۶۸] معادل ۴۰۰۰۰ کیلومتر امروزی، رسید. از میزان دقت این محاسبه با روشی چنان ساده شگفت زده می شویم.

یك قرن بعد، هیپارخوس[۶۹]، اخترشناس یونانی شاید یکی از بزرگ‌ترین اخترشماران ایام باستان بوده است. او فهرستی از ۱۰۸۰ ستارهٔ ثابت تهیه کرد و «تقویم اعتدالین»[۷۰] را [حرکت از مشرق به مغرب اعتدالین بر دایرة البروج را که از تغییر تدریجی امتداد محور حرکت وضعی زمین ناشی می شود] کشف کرد. او توانست قطر ماه را اندازه بگیرد و آن را برابر با یك سوم قطر زمین اعلام کرد، او همچنین فاصلهٔ میان زمین و ماه را با برآورد وسعت مخروط سایه به هنگام ماه گرفتگی اندازه گرفت، و فاصلهٔ زمین تا ماه را ۶۰ برابر شعاع زمین پیدا کرد، اندازهٔ مورد قبول امروزی ۶۰/۲۷ است. او مثلثات را با تدوین نخستین جدول سینوسها بنیان گذاشت. هم او بود که تقسیم دایره به ۳۶۰ درجه را به یونان آورد.

بطلمیوس (کلاودیوس)[۷۱]، که از سال ۹۰ تا ۱۶۸ میلادی می زیست، اخترشناس، ریاضیدان و جغرافیادان حوزهٔ اسکندریه است. ما امروز با آثار او از طریق ترجمه‌ای که علمای اسلامی از کتاب مهم نجومی او *المجسطی* کرده‌اند و نیز کلیاتی دربارهٔ هندسه و کتابش درباره «هارمونیها» آشنا هستیم. نظریهٔ او که زمین، مرکز عالم است و سیارات حول محور زمین در گردشند، تا زمان کپرنیك معتبر بود. او نقشه‌های

---

۶۸. stadium یکی از آحاد طول یونانیان قدیم بود که برای اندازه گیری طول جاده‌ها به کار می رفت. رومیان آن را اقتباس کرده و در مسافتهای دریایی و نجومی نیز به کار می بردند. ریشهٔ استادیوم به معنای میدان ورزشی از همین کلمه است. طول استادیوم رومی ۶۲۵ پای رومی (۱۸۴/۸ متر) بود (رك به دایرة المعارف مصاحب). ــم.

69. Hipparchus 70. Precession of the equinoxes

71. Ptolemy Claudius

جغرافیایی ترسیم کرد که دریانوردان بزرگ دورهٔ «نوزایش»[۷۲] (رنسانس) از آنها استفاده می کرده اند. به توصیهٔ یکی ازمنجمان حوزهٔ اسکندریه بود که یولیوس، قیصر روم، اصلاحاتی درتقویم به عمل آورد و سال کبیسه را در آن داخل کرد.

اروپادرپایان قرون وسطی، باواسطهٔ اعراب، مخصوصاً ازطریق مراکزدانشگاهی مغرب اسلامی قرطبه[۷۳] و اشبیلیه[۷۴] در اسپانیا، با تمدن حوزهٔ اسکندریه آشنا شد. معلومات قدیمی نجوم که دانشمندان عرب حفظ کرده بودند به منجمان یهودی مقیم پرتقال و اسپانیا فرصت داد تا بعد از بازپس گیری سرزمینهای اروپایی از اعراب، نقشه‌های دریانوردی برای کاشفان بزرگ تدارك ببینند.

دانشمندان و فلاسفهٔ عرب توفیق یافتند میان یافته‌های حوزهٔ اسکندریه و معارف ایران، هند و چین تألیفی به عمل آورند. هندیها، در اوایل قرون میلادی، عدد صفر را ابداع کرده بودند که باعث پیشرفت سریع جبر شد: وارد کردن صفر در ریاضیات، امکان داد تا همهٔ اعداد، ازجمله بزرگ ترین عددها به کمك ده نماد که هر کدام دارای یك «قدر وضعیت»[۷۵] و یك «قدر مطلق»[۷۶] هستند، تعریف شوند. در آغاز، ریاضیدانانی که صفر را نمی شناختند، از آن برای نشان دادن ستون خالی چتکه، نخست با یك نقطه، سپس با علامت صفر به معنای «خالی»، استفاده می کردند. «نوزایش»، همهٔ این معارف را گرفت، اما مفاهیم و روشهای آن را از صافی بینش انتقادی گذرانید.

یك کشیش لهستانی به نام نیکولا کُپرنیك[۷۷]، ضمن مطالعهٔ دستگاه بطلمیوسی در اوایل قرن شانزدهم، از نارساییهایش در شگفت شد. او بدون آنکه دانسته باشد، به نظریهٔ آریستارخوس کشانده شد: او ثابت کرد که زمین، سیاره‌ای مثل سیارات دیگر است که هم حول محور خودش و هم حول محور خورشید می چرخد. یك قرن بعد، گالیلئو گالیله[۷۸] ایتالیایی، روز ۷ ژانویهٔ ۱۶۱۰ با کشف چهار قمر مشتری، این نظریه را تأیید کرد. این دانشمند همچنین ثابت کرد. وقتی جسمی تحت تأثیر نیرو نباشد،

---

72. Renaissance 73. cordoba 74. Siville 75. Valeur de position
76. Valeur absolue 77. Nicolas Copernic 78. Galileo Galilei

سرعت و شتاب حرکتی یکسانی خواهد داشت؛ توقف، حالت ویژه ای از حرکت است.

یوهان کپلر[۷۹]، معاصر گالیله به دعوت تیکو براهه[۸۰] منجم، که در جلسهٔ فردا از او بیشتر برایتان حرف خواهیم زد، به پراگ دعوت شد. بر پایهٔ رصدهای تیکو براهه و مخصوصاً اندازه گیریهایش از وضعیتهای متوالی سیارهٔ مریخ بود که کپلر دو قانون مشهور اولیه اش را بیان کرد: مدار هر سیاره به شکل بیضوی است که خورشید در یکی از دو کانون آن واقع است. به موجب قانون دوم، شعاع خورشید ـ مریخ [خط واصل خورشید و مریخ] در زمانهای مساوی، سطوح مساوی می پیماید. این قانون اخیر که به «قانون سطوح»[۸۱] معروف است و دربارهٔ همه سیارات و کلا دربارهٔ همهٔ اقمار صادق است، بیان می کند که مریخ وقتی به خورشید نزدیك تر است سرعت بیشتری دارد تا وقتی که از آن دورتر است. قانون سوم کپلر که مقارن با اواخر زندگیش منتشر شد، و به «قانون توافقی»[۸۲] شهرت دارد، بیان می کند که برای سیاره های متفاوت، نسبت مربع زمانهای حرکت انتقالیشان به دور خورشید مساوی است با نسبت مکعب محور بزرگ مدار بیضویشان. برای کپلر، منشاء هر سه قانون را باید در خورشید جست وجو کرد که هنوز راز آن سر به مُهر است.

برای گشودن این راز سر به مُهر و تبیین این نظمهای تناوبی باید یك قرن انتظار کشید تا نوبت به آیزك نیوتون برسد. او به موجب قانون جاذبه اش ثابت کرد که شتاب یك جسم با مقدار نیرویی که بر آن وارد می شود نسبت مستقیم و با جِرمش نسبت معکوس دارد. او همچنین ثابت کرد که در «حرکت مستدیر متشابه»[۸۳] شتاب به سمت مرکز مسیر گرایش دارد و با نیروی گریز از مرکز متناظر است. همه کس لطیفه ای را که نیوتون با دیدن سقوط سیبی از درخت با خود گفت شنیده است: «نیرویی که باعث سقوط سیب می شود، همان نیرویی است که ماه را در چرخشش به دور زمین نگه می دارد.» از آنجا نیوتون به تدوین «قانون جاذبه عمومی»[۸۴] هدایت شد که به موجب آن دو جسم به نسبت جِرمشان و به نسبت عکس مجذور فاصله شان یکدیگر را جذب می کنند. این قانون که نیروی گرانش[۸۵] را به دست می دهد، امکان تبیین قوانین کپلر را

---

79. Johannes Kepler 80. ticho Brahe 81. Law of areas
82. Harmonic law 83. Circular uniform motin
84. Universal attraction law 85. gravitation

فراهم کرد.

همه چیز بر مدار است

حالا از حرکت ستارگان در آسمان، به قلب ماده فرود بیاییم. آنجا نیز می توانیم برخی از تناوبها را مشاهده کنیم که شیمیدان روسی دیمتری ایوانویچ مندلیف[۸۶]، متولد ۱۸۳۴ درسیبری، آن را مطالعه کرد. او که استاد شیمی دانشگاه سن پترزبورگ (لنینگراد امروزی) بود می خواست کلیاتی دراصول شیمی بنویسد؛ اودریافته بود که عناصر جدید شیمیایی همه بر سبیل تصادف کشف شده اند. چند تنی از شیمیدانان آن عصر معتقد بودند که عناصر شیمیایی از اتمهایی تشکیل شده اند که می توانند با هم ترکیب شوند. در کنگرهٔ شیمیدانان که چند سال پیش از آن در کالسروهه[۸۷] تشکیل شده بود، بر وحدت فرمول نگاری ومفاهیمی که درشیمی به کار برده می شود تأکید شده بود. مندلیف که نمی توانست در طبیعت، نه بی نظمی را بپذیرد و نه بر تصادفی بودن پدیده ها صحه بگذارد، می خواست مثل سایر شیمیدانان معاصر، ۶۴ عنصر شناخته شده تا آن زمان را طبقه بندی کند، چند میل ترکیبی شیمیایی و متشابهاتی به اثبات رسیده بود. مندلیف جدولی ساخت که در آن، عناصر شیمیایی را به تبع افزایش وزن مخصوص اتمیشان در سطرها و درستونها جاداده بود، تا انتظام شناخته شده شان محرز گردد. عناصر متشابه در یك ستون جا داشتند؛ مثلا، فلزات قلیایی: لیتیوم، سدیوم، پتاسیوم، روبیدیوم و سزیوم همین طور، هالوژنها (= شورگنها) و شبه فلزات: فلور، کلر، بروم و یُد.

مندلیف پس از چند ماه کارکردن روی جدولش، نسخه هایی از آن را برای همهٔ فیزیکدانان و شیمیدانانی که می شناخت فرستاد؛ و نیزدر تاریخ ۱۸ مارس ۱۸۶۹ آن را به «انجمن شیمی روس» عرضه کرد. این جدول تناوبی در ۱۸۷۱ به صورت مقاله ای منتشر شد. درآن، خواص فیزیکی و شیمیایی عناصر و ترکیبات آنها به صورت توابع متناوبی ازوزنهای اتمی عناصر نشان داده شده است. مندلیف به قدری ازمعنادار بودن کارش خاطرجمع بود که وزن اتمی شناخته شدهٔ برخی از عناصر را تصحیح کرد تا آنها را در جایی بگذارد که خواصشان مقرر می کرد. از سوی دیگر، برخی از خانه های

---

86. Dimiti Ivanovitch Mendeleiev 87. karlsruhe

جدول خالی می‌ماند: ۶ خانه در صورت اول جدولش و ۱۶ خانه در صورت نهاییش خالی بودند. او توضیح داد که این جاهای خالی باید از آنِ عناصر شیمیایی باشد که هنوز کشف نشده‌اند، و خواص فیزیکی و شیمیایی آنها را، مخصوصاً برای عناصر بالایی بور، آلومینیم و سیلسیم، پیشگویی کرد.

روز ۲۰ سپتامبر ۱۸۷۵، شارل ورتز[۸۸] از طرف پل امیل معروف به فرانسوا لوکُك دُ بوابودران[۸۹]، گزارشی به آکادمی علوم پاریس ارائه داد مبنی بر آنکه «در ۲۷ اوت ۱۸۷۵ بین ساعات ۳ و ۴ بامداد، او نشانه‌هایی از جود احتمالی عنصر ساده‌ای را که گالیوم[۹۰] نامیده، کشف کرده است». او چگالی عنصر جدید را ۴/۷۱ و وزن اتمیش را ۶۹ تعیین کرد. مندلیف با علاقه‌مندی این گزارش را از نظر گذراند، اما متذکر شد که چگالی گالیوم باید ۵/۹ بوده باشد. اندازه‌گیریهای دقیق‌تر، پیشگویی او را تأیید کرد.

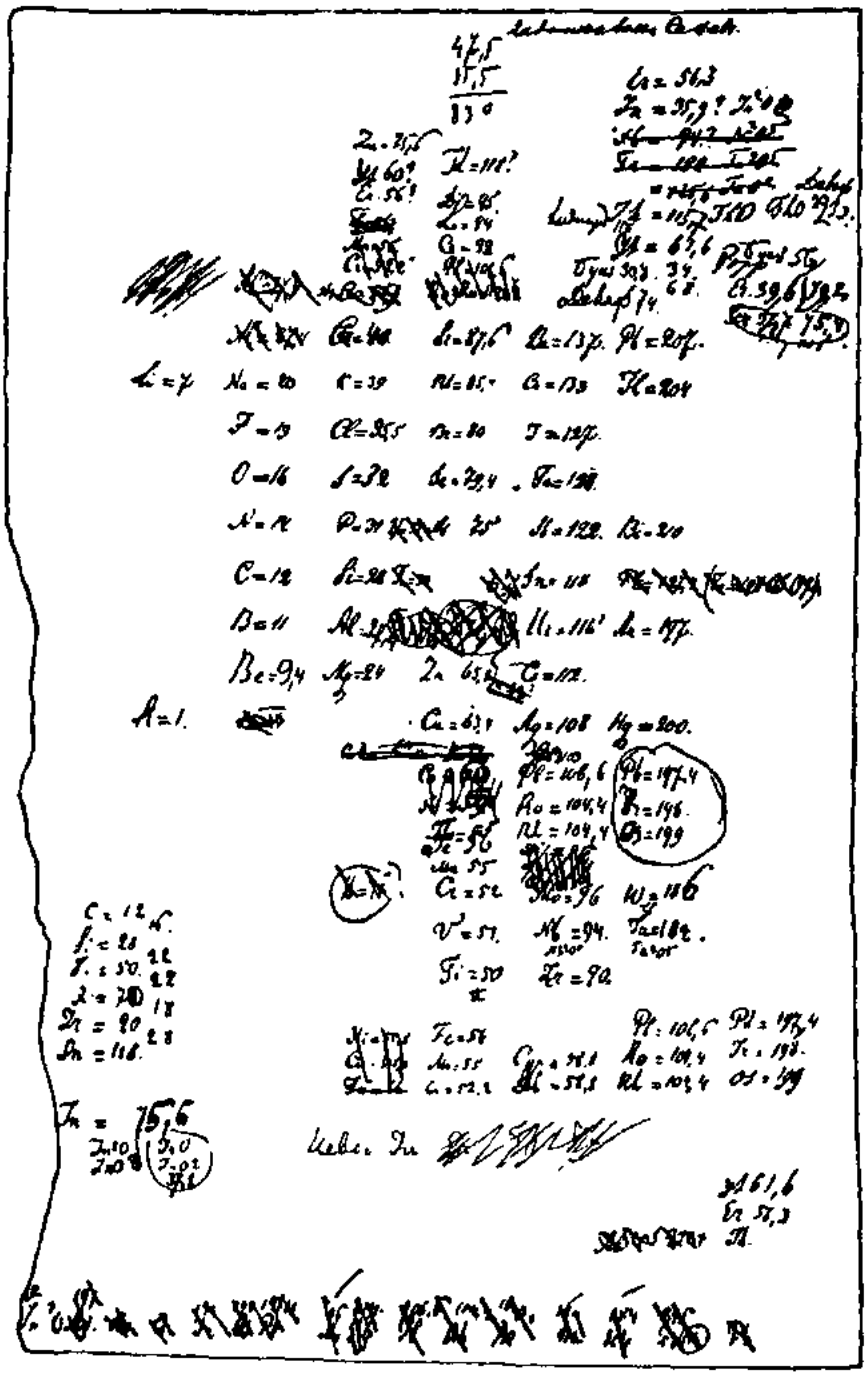
در ۱۸۸۰ دو نفر اسکاندیناویایی، نیبون[۹۱] و کلیو[۹۲] در یك کانی خاکهای کمیاب، عنصر تازه‌ای با خواص نزدیك به خواص «بور» یافتند و آن را اسکاندیوم[۹۳] نامیدند. این کشف تازه پیروزی بزرگی برای مندلیف بود.

در ۱۸۸۵ شیمیدان آلمانی وینکلر[۹۴]، عنصر تازه‌ای به نام ژرمانیوم[۹۵] را با خواصی مشابه خواص سیلیسیوم[۹۶] را کشف کرد. خواصی که او پس از تجربه‌های آزمایشگاهی تعیین کرد دقیقاً با خواصی که مندلیف پانزده سال پیشتر پیش بینی کرده بود، مطابقت می‌کرد.

در ۱۸۹۳ دو نفر انگلیسی به نامهای ویلیام رامسی[۹۷] و جان ریلی[۹۸] در هوا گاز بی‌اثر آرگون[۹۹] را یافتند که به نظر نمی‌رسید در جدول مندلیف جایی داشته باشد، اما در ۱۸۹۵ دو دانشمند نامبرده گاز هلیوم[۱۰۰] را که آن هم گاز بی‌اثری بود، کشف کردند و در سه سال متوالی بعد از آن، گازهای کمیاب با خواص مشابهی به نامهای نئون[۱۰۱]، کریپتون[۱۰۲] و کِسِنون[۱۰۳] را کشف کردند. لذا کافی بود که ستونی معروف به صفر به جدول طبقه‌بندی تناوبی عناصر افزوده شود.

---

88. Charles Wurtz 89. paul Emile dit Francois Lecoq de Boisbaudran
90. Gallium 91. Nibon 92. Kleve 93. scandium 94. Winkler
95. germanium 96. silicium 97. William Ramsay 98. John Rayleigh
99. argon 100. helium 101. neon 102. krypton 103. xenon



مسوده طبقه‌بندی مندلیف

نخستین مسودهٔ طبقه‌بندی تناوبی عناصر مندلیف. توالی عناصر در این مسوده در ستونها مرتب شده‌اند؛ بعداً آنها در سطرها مرتب خواهند شد.

مندلیف در یکی از چاپهای *اصول* شیمی خود می نویسد: «با ملاحظهٔ راه تجربه به عنوان تنها راه درست، من خودم آنچه را که توانسته‌ام آزموده‌ام و وسایل آزمودن یا تأیید قانون را به دیگران نیز داده‌ام... من انتظار نداشتم در زمان حیات خودم شاهد تأیید قانون تناوبی باشم، اما واقعیت چیز دیگری بود. من فقط سه عنصر را پیشگویی کرده بودم و در مدتی کمتر از بیست سال بعد از آن، با خوشوقتی از کشف آنها مطلع شدم.»

مرتب کردن عناصر برحسب افزایش وزن اتمیشان و دادن یك عدد اتمی به هر کدام از آنها، کاری نه ساده، که پر اسرار می نمود. دلیل اصلی موفقیت این طبقه‌بندی در چه بود؟ برای آنکه پاسخ قانع کننده‌ای به این پرسش داده شود، لازم شد چهل سال منتظر بمانیم تا منشاء این تناوبی بودن را بفهمیم. یك رشته اکتشافات مهم ما را از راز آن باخبر می کند.

در ۱۹۱۱، در منچستر، ارنست راترفورد[۱۰۴] ثابت کرد که اتم از یك هستهٔ مرکزی کوچك با بار الکتریکی مثبت تشکیل شده که تقریباً تمام جرم در آن متمرکز است وقشری از الکترونها با بار الکتریکی منفی دور آن می چرخند. مجموع بار این الکترونها باید با بار مثبت هسته مساوی باشد. دو سال بعد، فیزیکدان هلندی ا. وان دن بروك[۱۰۵] اعلام کرد که این بار الکتریکی با عدد اتمی عنصر جدول طبقه‌بندی تناوبی مندلیف مساوی است. در پاییز ۱۹۱۳ هانری موزلی[۱۰۶] با اندازه‌گیری دقیق عناصر روی طیفهای پرتو ایکس نشان داد که خطوط طیفشان با طول موج از یك عنصر به عنصر بعدی منظماً تغییر می کند. این تغییر، بستگی به عددی داشت که هر باریك واحد اضافه می شد. این، دلیلی تجربی بود که ثابت می کرد بار الکتریکی هسته و تعداد الکترونهایی که به دور آن می چرخند دقیقاً مساوی با عدد اتمی عنصر است. به نظر می آمد که این عدد اتمی که همیشه عدد صحیحی بود، یك کمیت فیزیکی به مراتب مهم‌تر از جرم اتمی باشد. هیدروژن که سبك‌ترین عناصر بود، عدد ۱ می گرفت و اورانیوم که سنگین‌ترین عناصر بود، عدد ۹۲. نتایج تحقیقات موزلی نشان می داد که بین هیدروژن و اورانیوم فقط ۹۰ عنصر میانی می تواند وجود داشته باشد که تا آن روز ۸۴ عنصر از آنها شناخته شده بود و ۶ عنصر هنوز کشف نشده بود.

با وصف این، راز پایداری ساختمان اتمی و تناوبی بودن طبقه‌بندی مندلیف هنوز

---

104. Ernest Rutherford 105. A. van den Brock 106. Henry Moseley

کشف نشده بود. اتم، یك هستی پایدار است، هویتش را در همه احوال حفظ می کند. یك اتم آلومینیوم (با عدد اتمی ۱۳) یا یك اتم سیلیسیوم (با عدد اتمی ۱۴) را چه در دمای بالا گرم کنیم، چه زیر فشار شدید بگذاریم یا ترکیب شیمیاییش را تغییر دهیم، همیشه اتم آلومینیوم یا اتم سیلیسیوم باقی می ماند. هستهٔ اتم با عدد اتمیش (۱۳ برای آلومینیوم و ۱۴ برای سیلیسیوم) پایداری خواص اتمی، یعنی تعداد کل الکترونها را تأمین می کند: هرگاه یك الکترون از آن جدا گردد، بلافاصله هستهٔ اتم برای پر کردن جای آن، یك الکترون خواهد گرفت.

در همان سال ۱۹۱۳، فیزیکدان جوان دانمارکی، نیلس بور[۱۰۷] مُدلش را در باره ساختمان اتم تنظیم کرد: الکترونها بر مدارهای مستدیری می چرخند (بعدها مدار بیضوی هم پذیرفته شد) و انرژی بستگی[۱۰۸] شان کاملا معین است. به طور کلی، الکترونی که بر یك مدار می چرخد تابع شتاب است و در نتیجه بایستی تابش کند؛ از این عمل تابش، الکترون، «انرژی بستگی» می گیرد و خود را به هسته نزدیك تر می کند. در صورتی که آزمایش، چنین چیزی را نشان نمی داد: یك اتم پایدار، پرتو پخش نمی کند. بور فرض کرد وقتی که یك الکترونِ آزاد به هسته متصل می شود، یك فوتون تکفام[۱۰۹]، یك «ذرّهٔ نور» گسیل می شود. حالتی که از آن نتیجه می گردد، ممکن است حالت بنیادی اتم باشد؛ اتمی که از همه پایدارتر است. همچنین ممکن است یك حالت انگیخته[۱۱۰] باشد و آن در صورتی است که الکترون به مداری بالاتر جهیده باشد. بور فرض را بر این گذاشت که الکترون در مدارش به دور هسته در حالتی پایدار است. او از نظریه‌های کوانتومی ماکس پلانك[۱۱۱] و آلبرت اینشتین[۱۱۲] استفاده کرد که به موجب آن، انرژیِ یك تابش مساوی است با حاصلضرب بسامد ارتعاشش در ثابت پلانك. بدین ترتیب، بور فرض کرد که برای یك الکترون در یك اتم، تنها برخی حالات حرکت

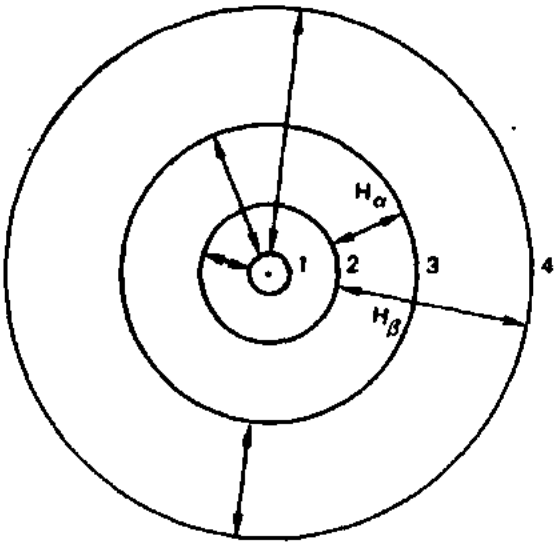
---

107. Niels Bohr

۱۰۸. binding energy یك اتم پایدار همواره جرمی دارد که از مجموع جرمهای ذرات تشکیل دهنده‌اش کمتر است. انرژی معادل کاهش جرم در یك هسته را انرژی بستگی آن می نامند، و مقیاس پایداری هسته است. ــم.

109. monochromatic photon 110. excited state 111. Max Planck

112. Albert Einstein



اتم بور، نخستین چهار مدار پایدار اتم هیدروژن (نقطهٔ مرکزی، معرف هسته است). جهش یك الکترون از یك مدار به مدار دیگر موجب گسیل یك فوتون می گردد؛ خطوط پیکاندار، انتقالات احتمالی میان حالات مختلف را نشان می دهد. H_α خط طیف قرمز هیدروژن آلفا و H_β خط طیف فیروزه‌ای هیدروژن بتا است.

ــ و لذا فقط برخی انرژیهای بستگی ــ مجازند: حالات اندازهٔ حرکت زاویه‌ای (= اندازه حرکت الکترون × فاصله‌اش از هستهٔ مرکزی)، مضربی صحیح از *ثابت پلانك* تقسیم بر 2π است. گفته می شود که یك چنین اندازهٔ حرکت زاویه‌ای، *کوانتومی* است؛ یعنی اینکه مقادیر آن معین و معلوم است و با یك عدد کوانتومی نمایش داده می شود. بور ایضاً از آن نتیجه‌گیری کرد که بسامد ارتعاشات موجی یك اتم وقتی معلوم است که الکترون، حالت حرکتش را تغییر می دهد و نتیجتاً انرژیِ بستگی تغییر می کند. باری، کوانتومی کردن اندازهٔ حرکتها و انرژیها راهگشای کوانتومی کردن خواص اتمی شد.

مدل بور با آزمون تجربی از راه خطوط طیفِ مشاهده شده برای هیدرژن، تأیید شد. بور، مدلش را تدریجاً کامل تر کرد. حرکت الکترونها در واقع با چند عدد کوانتومی مشخص شده است که شامل اندازهٔ حرکت، که شرح دادیم، و «اسپین»[113] است که چرخش وضعی الکترون را مشخص می کند.

---

113. Spin

در ۱۹۲۵، ولفگانگ پائولی[۱۱۴] فیزیکدان اتریشی نشان داد که دریك اتم، دو الکترون نمی توانند همزمان دریك حالت حرکتی یکسان باشند؛ به عبارت دیگر، اعداد کوانتومی آنها نمی تواند دقیقاً برابر باشد. این اصلِ «طرد»، امروز به نام «اصل پائولی» نامیده می شود.

N° atomique	Élément	K	L	M	N
		1	2	3	4
		s	s p	s p d	s p d f
1	H	1			
2	He	2			
3	Li	2	1		
4	Be	2	2		
5	B	2	2 1		
6	C	2	2 2		
7	N	2	2 3		
8	O	2	2 4		
9	F	2	2 5		
10	Ne	2	2 6		
11	Na	2	2 6	1	
12	Mg	2	2 6	2	
13	Al	2	2 6	2 1	
14	Si	2	2 6	2 2	
15	P	2	2 6	2 3	
16	S	2	2 6	2 4	
17	Cl	2	2 6	2 5	
18	Ar	2	2 6	2 6	
19	K	2	2 6	2 6	1
20	Ca	2	2 6	2 6	2

لایه‌ها و زیر لایه‌های الکترونهای اتمی از هیدروژن تا کلسیوم

اکنون می توان پیکر بندی اتمهای عناصر گوناگون را به تَبَع مقادیر متوالی که اعداد کوانتومی الکترونها در حالات حرکتی متفاوت می توانند بگیرند، تنظیم کرد[۱۱۵]. الکترونها به تدریج با گذر از یك عنصر به عنصر بعدی، لایه‌ها را پر می کنند. هیدروژن با عدد اتمی ۱ = Z، تنها یك الکترون دارد؛ هلیوم با عدد اتمی ۲ =Z، دو الکترون دارد، با

---

114. Wolfgang Pauli

۱۱۵. اعداد کوانتومی به چهار دسته تقسیم می شوند که عبارتند از: عدد کوانتومی اصلی، عدد کوانتومی ثانوی، عدد کوانتومی مغناطیسی، عدد کوانتومی اسپین. ــم.

این دو عنصر لایهٔ اول تکمیل است. لیتیوم یك الکترون سوم در لایهٔ دوم دارد که با ۸ عنصر پر می‌شود، آخرین عنصر لایهٔ دوم نئون است با عدد اتمی Z=۱۰. سدیوم عنصر بعدی، یك الکترون در لایهٔ سوم دارد و به همین ترتیب تا آخرین عنصر. میل ترکیب شیمیایی با لایه‌هایی متناظر است که کاملا پر نشده‌اند؛ تعداد الکترنهای مازاد یا جاخالی، ظرفیت شیمیایی را به دست می‌دهد. اتمهای گازهای کمیاب، لایه‌های کامل دارند و این گازها بی‌اثر (خنثی) هستند. بدین ترتیب، طبقه‌بندی تناوبی مندلیف توضیح خود را پیدا کرد.

چه کسی این غذا را سفارش داده است؟

مرحلهٔ بعدی، شناخت ما از جهان بی‌نهایت کوچك، ساختار خود هسته بود. از ۱۹۳۲ به بعد می‌دانستیم که هسته از **نوکلئونها**[۱۱۶] تشکیل شده است، یعنی از **پروتونها** و **نوترونها**. اینها بر هم کنش شدیدی با یکدیگر دارند و حجم بسیار کوچکی را اشغال می‌کنند. مرکز هسته مثل مرکز منظومهٔ خورشیدی، که خورشید آن را پر کرده، یا مثل مرکز اتم که هسته آن را پر کرده باشد، نیست. لذا، فکر می‌کردند که باید آن را با مدلی که ماهیت آن از مدل ساختمان اتم متفاوت باشد تعریف کنند. فیزیکدانان، نظریه‌های نخستین دانشمندانی چون الساسر[۱۱۷] را که در ۱۹۳۴ ابراز کرد و گفت نوکلئونها در هسته ممکن است در لایه‌ها جمع شده باشند، با شك و تردید تلقی کردند، زیرا تصور می‌کردند که لایه‌ها تنها بر اثر نیروی وارده از شیء مرکزی حاصل می‌گردد. فکر می‌کردند که هسته، بیشتر شبیه یك قطرهٔ مایع باشد، که بر اساس آن می‌شد تعدادی واکنشهای هسته‌ای مثل شکافت[۱۱۸] را توضیح داد. طی ده سال، نتایج تجربی فراوانی جمع شد تا بتوان ثابت کرد که هسته‌ها نیز تابع قانون تناوبی هستند. انرژیهای بستگیِ نوکلئونها، انفصالهای بارزی برای برخی از مقادیر تعداد نوترونها N و پروتونها Z نشان می‌دادند. وفور نسبی ایزوتوپهای متفاوت به تَبَع این تعداد N و Z، نظمهایی را بروز می‌دادند. برای همین، تعداد N و Z انرژی برانگیختگی در سطوح اولیهٔ برانگیختهٔ هسته‌ها خیلی بالاتر است تا برای هسته‌های همسایه‌شان. **مقطع مؤثر** نوترون گیری

---

116. nucleons 117. Elsasser 118. fission

هسته‌ها با تغییرات تناوبی همراه است که در آن، این مقادیر خاص N دخیل هستند. این مقادیر، یعنی اعداد ۲، ۸، ۲۰، ۵۰، ۸۲ و ۱۲۶ به «اعداد جادویی» معروفند.

بر پایهٔ همین تجربیات بود که ماریا گوپرت-مایر[۱۱۹]، اُ. هکسل[۱۲۰] جی. اچ. دی. یانسن[۱۲۱] و اچ. ای. ساس[۱۲۲] این «اعداد جادویی» را به کمك یك مدل لایه‌ها که نام دیگر آن مدل ذرات انفرادی است، توضیح دادند. در این مدل، قدرتهای هسته‌ای، برای ایجاد یك میدان قدرت متوسط از مبداء مرکز هسته، با یکدیگر همپوغ می شوند، این قدرت را قدرت اسپین-مدار می نامند؛ به این معنا که برهم کنشی که هر نوکلئون ناگزیر از آن است ایضاً به جهت گیری نسبی اندازهٔ حرکتش نسبت به جهت گیری اسپینش بستگی دارد. این، همان «اصل پائولی» است که ــ مثل مورد الکترونها ــ مانع همحالتیِ همزمان دو نوکلئون می گردد، و این سبب می شود که آنها مسافت متوسط طولانی تری را در مادهٔ هسته‌ای بپیمایند. در مدل لایه‌ای، پروتونها و نوترونها لایه‌های متوالیی را پر می کنند که با اعداد جادویی متناظر است. هسته‌هایی که ۲، ۸، ۲۰، ۵۰، ۸۲ یا ۱۲۶ پروتون یا نوترون دارند به وجه خاصی پایدار هستند و در حالت بنیادی، شکلشان کروی است، در حالی که هسته‌هایی که در حالات میانی هستند شکلشان کم و بیش درهم ریخته و شبیه سوسیس یا کلوچه است.

توجه به تقارن در گذر از عناصر بی نهایت بزرگ به عناصر بی نهایت کوچك، مخصوصاً از وقتی که مطالعهٔ ساختار خود نوکلئون و دیگر «ذرات بنیادی» شروع شد، نقش ارزنده‌ای ایفا کرده است. تا ۱۹۴۷ این «ذرات بنیادی» به پروتون، نوترون، الکترون (با بار مثبت یا منفی)، یا نوترینو[۱۲۳] یا فوتون و به یك ذره در حالت میانی به نام مزون[۱۲۴] محدود بودند. اما از این تاریخ به بعد، دورهٔ انفجار اکتشافات فرا می رسد: نخست، سسیل پاول[۱۲۵] و همکارانش مزون π (پی) و الکترون سنگین μ (= mu یونانی) را کشف کردند که دربارهٔ آنها در یکی از این شبهای هفته با شما صحبت خواهد شد، و در همان سال، دو انگلیسی به نامهای جی. دی. روچستر[۱۲۶] و سی. سی. باتلر[۱۲۷] ذرهٔ K (= لاندا) کمی سنگین تر از نوکلئون را کشف کردند. در فاصلهٔ سالهای

---

119. Maria Goeppert-Mayer 120. O. Haxel 121. J.H.D. Jensen
122. H.E.Suess 123. neutrino 124. meson 125. Cecil Powell
126. G.D.Rochester 127. C. C. Butler

۱۹۴۹ـ۱۹۵۳ یك خانوادهٔ تازهٔ مزون کشف شد: مزونهای K. اکتشاف ذرات جدید پی درپی و به سرعت ادامه یافت.

روایت می کنند ایزیدور آی. رابی[۱۲۸] استاد دانشگاه کُلمبیای نیو یورك که معمولا همراه با همکارانش دررستورانهای چینی غذا صرف می کرد، از کشف الکترون سنگین، میون[۱۲۹]، اطلاع پیدا کرد، ذره‌ای که ظاهراً برای ساختار ماده «بی فایده» است، فریاد کشید: «این غذا را که سفارش داده است؟» در همان ایام، فیزیکدان ایتالیایی انریکو فرمی[۱۳۰] متذکر شد که فیزیك ذرات، دارد به گیاهشناسی شباهت پیدا می کند.

در ۱۹۵۳، م. گِل‌ـمان[۱۳۱] آمریکایی و ك. نی شی جیما[۱۳۲] ژاپنی، مستقلا پیشنهاد کردند که ذرات ۸ و مزونهای K، ذرات «شگفت»[۱۳۳] نامیده شوند و به آنها عدد کوانتومی جدید با نام «شگفت انگیز»[۱۳۴] داده شود.

م. گِل‌ـمان سعی کرد ذراتی را که به تازگی کشف شده اند طبقه بندی و نظمی در آنها پیدا کند. برای این کار او از نظریهٔ مجموعه‌ها در ریاضیات استفاده کرد: نظر این بود که با بررسی روابط میان خواص ذرات مختلف، با مطالعهٔ تقارنهایی که میانشان وجود دارد، با توصیف کردن آنها در چارچوب مجموعه‌های ریاضی به کمك عدد کوانتومیشان، واقعیت فیزیکی حاضر آنها کشف خواهد شد. بدین سان بود که م. گِل‌ـمان و جورج تسوایگ[۱۳۵] به اتکای این فرض که نوکلئونها خود ساختار ویژه‌ای دارند، در سال ۱۹۶۴ وجود کوارك (quarks) را پیشنهاد کردند؛ ذراتی که به طور آزاد در طبیعت ظاهر نمی شوند و نهایتاً نوکلئونها، ذرات سنگین تر و مزونها از آنها تشکیل شده اند. این مدل در آغاز، بیشتر به یك ابزار ریاضی راحت شبیه بود. با وجود این، مدل مذکور که خانوادهٔ ۱، ۸، ۱۰ یا ۲۷ ذره‌ای را پیش بینی می کرد، درسالهای بعد با موفقیت قابل ملاحظه‌ای روبه‌رو شد. ذرات جدیدی، پیشگویی، سپس کشف شدند (مثل ذره‌ای که Ω^-، اُمِگای منفی، نامگذاری شد). تجربیات دیگری هم درستی نظریهٔ گِل‌ـمان را تأیید کردند. عددهای کوانتومی جدیدی (مثل افسون) متناظر با انواع

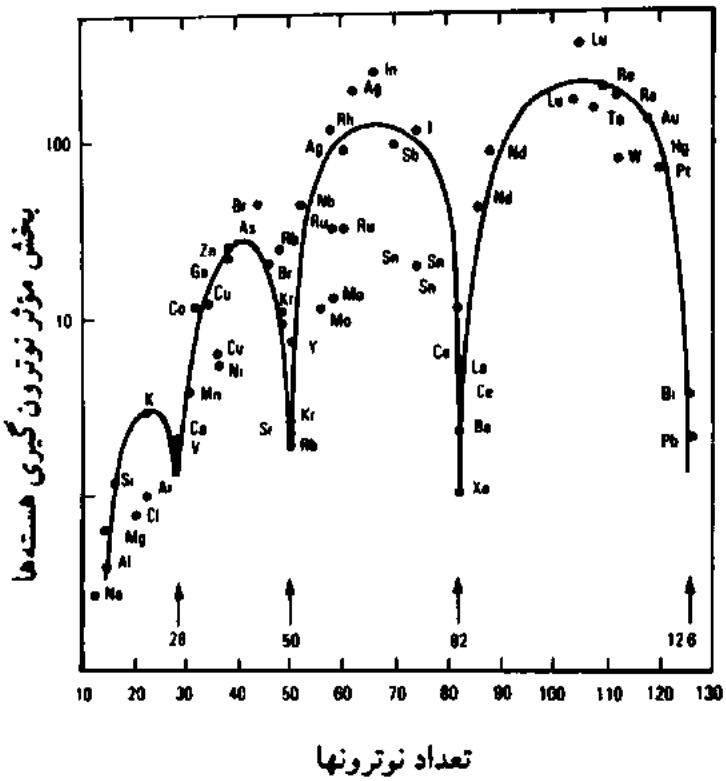
---

128. Isidore I.Rabi 129. muon 130. Enrico Fermi

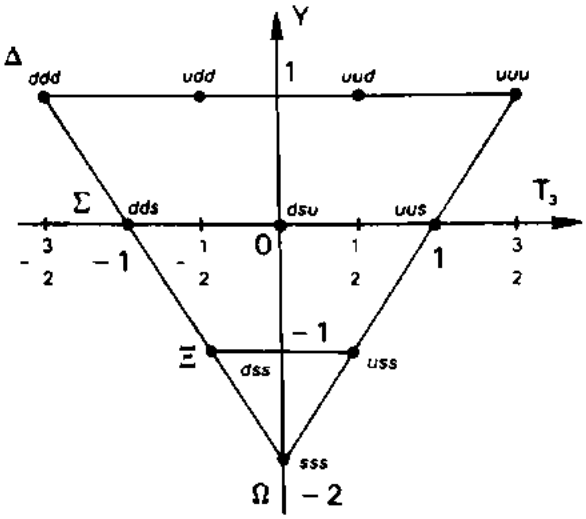
131. Murray Gell - Mann 132. K. Nishijima 133. strange

134. strangeness 135. G. Zweig

الف)



ب)



الف) بخش مؤثر نوترون گیری هسته‌ها به تبع تعداد نوترونها. حداقل نوترون گیری با اعداد جادویی متناظر است.

ب) ترکیبهای ممکن سه کوارك اول (موسوم به u و d و s) که به تبع عدد کوانتومیشان یك دَه‌دهی از اسپین $\frac{3}{2}$ تشکیل می‌دهند. (به نظر گِل‌ـمان).

جدید کوارکها به اثبات رسیدند. امروزه بر آنند که شش تا از این اعداد کوانتومی وجود دارد؛ که به آنها «شش طعم کوارك» گفته می شود.

کوششهای انسان، طی قرون و اعصار، پیوسته متوجه درك همهٔ پدیده‌ها از بی نهایت بزرگ تا بی نهایت کوچك بوده است. با وجود شباهتهایی که میان آنها وجود دارد، ماهیت قدرتهای دخیل، متفاوت است: سیارات و ستارگان با نیروهای گرانش، برهم کنشی دارند؛ الکترونهای درون اتم با نیروهای الکترومغناطیسی نگهداری شده‌اند. انسجام نوکلئونها درون هسته و کوارکها درون نوکلئونها نتیجه برهم کنشی قوی است. نوع چهارمی نیرو وجود دارد که از پدیده‌های رادیواکتیویته به بار می آیند و فیزیکدانان آنها را برهم کنشی ضعیف می نامند؛ شدت آن بین شدت گرانش و شدت نیروهای الکترومغناطیسی، حالت میانی دارد. بُرد این چهار برهم کنشی، برابر نیست. گرانش و نیروی الکترومغناطیس، بُرد دوری دارند، در حالی که، برهم کنشی قوی، و از آن بیشتر، برهم کنشی ضعیف، کوتاه‌بُرد هستند.

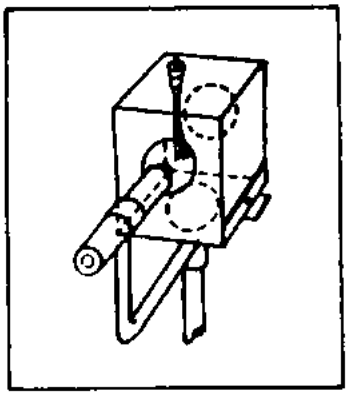
سالهای چندی است که فیزیکدانان می کوشند این برهم کنشیها را در میدان واحدی جا بدهند. نخستین موفقیتها در این راستا با برهم کنشیهای ضعیف و الکترومغناطیسی به‌دست آمده است که امروز از آن با عنوان «برهم کنشیهای برقی ضعیف» نام می برند. تحقیقات در جهت وحدت برهم کنشی برقی ضعیف و برهم کنشی قوی در جریان است. این، همان کوششی است که آن را «وحدت بزرگ» می نامند. در قالب چنین نظریه‌ای، پروتون، عمری متناهی اما فوق العاده طولانی، حتی به مقیاس عمر کهکشان ما، خواهد داشت. تجربیاتی برای اثبات یك چنین ناپایداری شروع شده است. گرانش، عجالتاً خارج از موضوع این تحقیقات است، اما بلندپروازی فیزیکدانان این است که در آینده‌ای نه چندان دور بتوانند این چهار برهم کنشیِ بنیادیِ عمومیِ شناخته شده را وحدت ببخشند.

در همان حال که دانش کیهان شناختی ما عمیق و عمیق تر می شود، در مطالعهٔ ذرات ریز و ریزترین ذراتی که می شناسیم، به دور و باز هم دورتر می رویم. اثبات تقارنها، تناوبها و قانونمندی، ما را در یافتن نظم و توضیح پدیده‌هایی هدایت می کند که در آغاز ممکن است مبهم و پیچیده به نظر آیند. به کمك مشاهده و تجربه است که می توانیم شناخت حقیقی را از آنچه که اسطوره یا نظریه‌های مجرّد بیهوده است، تمیز بدهیم.

۲

دوشنبه

«ساکت باش، خیال می کنند ما کیمیاگریم.»



تمام روز، برف باریده بود، هنوز هم زیر نور فانوسها دانه‌های برف را که رقص کنان به زمین می نشستند، می شد تماشا کرد. کمتر عابری در بیرون دیده می شد. شام، رو به پایان بود؛ همچنان که بحث فیزیکدانها هم به آخر می‌رسید. جوانان اسکی‌باز به سوی نیمکتهای تالار بزرگ می‌رفتند، که در بخاری دیواریش کُنده‌های هیزم، شعله‌ور بود. در این اثنا، چشمها به سوی مردی چرخید که با موهای سپید و پیراهن شطرنجی در سالن پیش می آمد. سکوت، همه جا را فراگرفت.

نام من، یان بودووك[1] است، در چکسلواکی در دانشگاه شارل پراگ کار می کنم. امشب ابتدا تاریخچهٔ کوتاهی از شهری که در آن به دنیا آمده‌ام برایتان روایت می کنم که تا چند قرن پیش هم گاهوارهٔ اخترشناسی نوپا بود، هم مرکز کیمیاگری. آنگاه برایتان شرح می‌دهم که رادیو اکتیویته چگونه کشف شد؛ چیزی که همان تبدیل عنصر به عنصری دیگر است، همان رؤیای قدیمی کیمیاگران.

---

1. Jan Budovoec

«مامان کوچولو چنگ دارد»

دانشگاه من یکی از قدیمیترین دانشگاههای اروپاست که درسال ۱۳۸۴ میلادی به فرمان امپراتور شارل چهارم تأسیس شده. گاه پراگ را «شهر صد برج» می نامند. رودخانهٔ پرجلال ولتاوا[2] در وسط شهر قدیمی پیچ می خورد. قصر هرادچینا[3]، بر آن اشراف دارد. چشم انداز آن تا تپه‌ها و خانه‌هایی که تنگ هم قرار گرفته‌اند، پل سنگی با مجسمه‌های متعدد، که گردش بر روی آن در شبهای زیبای تابستان بسیار دلچسب است، و بامهای شیبدار برجهای ناقوسها کشیده می شود. این شیروانیهای مسی که امروزه سبزرنگ شده‌اند، لابد در سالهایی که تازه ساخته شده بودند در برابر تابش آفتاب می درخشیده‌اند. اما شهر من تنها زیر آفتاب، قشنگ نیست. ممکن است درزیر آسمان خاکستری و هوای مه‌آلود، پوشیده در اسرار، جذابتر باشد. در کوچه پسکوچه‌های محله قدیمی ساحل راست ولتاوا، یا درمیان خانه‌های اشرافی سده‌های گذشته که در دامنهٔ تپه، زیر پای قصر، در ساحل چپ ساخته شده‌اند، می توان رد پای اسرار این شهر را گرفت. به یاد گولم[4]، آدمك ماشینی افسانه‌ای و خدمتکار باوفای خاخامی که آن را ساخته بود، می افتیم که کوچه‌های تنگ محلهٔ یهودیها را پیمود، یا به یاد کافکا می افتیم که در قهوه‌خانه‌ای دودآلود در حال نوشتن است؛ «پراگ، ما را رها نخواهد کرد، مامان کوچولو چنگ دارد».

پراگ در اواخر قرن شانزدهم پایتخت فکری اروپای مرکزی بود. ولی زمانه، زمانه‌ای آشفته بود. دستاوردهای عصر رنسانس (نوزایش) همهٔ اذهان فرهیخته را تسخیر کرده بود، اما قرون وسطی هم هنوز کاملا ازرمق نیفتاده بود. دین اصلاح شده با بنیادگرایی کاتولیکی ومخالفان اصلاح درمعارض بود. لوتر و کالوَن ازیك طرف وپاپ ازطرف دیگر به روی هم شمشیر می کشیدند و قتل عامها به راه می انداختند. تفتیش عقاید، مخصوصاً در اسپانیا و پرتقال بیداد می کرد؛ در ظرف یك سال در یك قصبهٔ امپراتوری، شش زن را به ظنّ ساحرگی زنده‌زنده در آتش سوزانیدند. درسال ۱۶۰۰ دریکی ازمیدانهای رُم جیوردانو برونو[5] را زنده‌زنده به آتش سوزانیدند، چون جرئت کرده بود بگوید کیهان، لایتناهی است و خورشید جز ستاره‌ای درمیان دیگر ستارگان

---

2. Vltava 3. Hradschin 4. Golem 5. Giordano Bruno

نیست.

با وصف این، مردی که بر امپراتوری مقدس روم-ژرمنی حکومت می کرد، امپراتور روشنفکری بود و از جبهه گیری امتناع می کرد. رودولف دوم، مثل پدرش ماکسیمیلیان دوم، از خانواده هابسبورگ و نوهٔ پادشاه کاتولیکِ خیلی متعصب شارل کن (شارل پنجم) بود و به رغم فشارهای امپراتور اسپانیا و پاپ، به مدارا رفتار می کرد و نمی خواست ایالتهای امپراتوریش دستخوش جنگ و ستیز گردد.

امپراتور رودولف دوم، تشریفات رسمی دربار را دوست نداشت، اما حفظ آن، احترام برمی انگیخت. با فرار از وین که از جوّ پر زرق و برق و مهمل آن بیزار بود، دربارش را در پراگ در قصر هرادچینا مستقر کرد؛ چرا که در آنجا می توانست به دور از آن تشریفات، خود را به دست رؤیاهایش بسپارد. این اقامتگاه قدیمی شارل چهارم، با برجها، کلیساها و کوچه و پسکوچه‌های تنگ و باریکش با منش مالیخولیایی و اسرارآمیز امپراتور سازگار بود. کنجکاوی رودولف دوم حدومرز نمی شناخت. ازدواجهای خانوادگی، نسل پشت نسل، آثارش را ظاهر کرده بود. او که در اسپانیا تربیت شده بود، از کهنه‌پرستی سخت بیزار بود و بیشتر دوست داشت در میان هنرمندان، دانشمندان و جادوگران باشد تا درمیان شاهزادگان و «قدرتمندان این دنیا». شمار کثیری از نقاشان فلاندری و ایتالیایی نظیر گیوسپ آرچیمبولدو[6] را به دربار خود فراخواند. کلکسیونهای امپراتور فقط شامل اشیای هنری نبود، بلکه اشیای عجیب و غریب را هم در برمی گرفت، مثل انواع پادزهرها، انواع سنگدانه‌هایی که برایشان خواص طبی قائل بودند و در سنگدان مرغان و پرندگان تشکیل می شود. در میان شخصیتهایی که به حضور رودولف دوم رسیدند یکی هم خاخام لوئب[7]، بشردوست محلهٔ یهودیها بود که با منجمان رفت و آمد داشت و می گویند سازندهٔ گولم، آدمك ماشینی بود.

در اواخر قرن شانزدهم هنوز هم نمی دانستند دانشها را از خرافات تمیز دهند، و میان آنچه مبتنی بر رسم و سنت است با آنچه که متکی بر تجربه است، تفاوت بگذارند. امپراتور علاقهٔ خاصی به اخترشناسی و کیمیاگری داشت و اُمیدش این بود که اینها اسراری را فاش می سازند. برای اخترشناسی از نخبه‌مردانی دعوت کرد که به نقش

---

6. Giussep Arcimboldo 7. Loeb

تصویر امپراتور رودولف دوم، اثر گیوسپ آرچیمبولدو

مهم مشاهدات دقیق اعتماد داشتند و از پیشتازان علم جدید به شمار می آیند. با این همه، برخی از این دانشمندان، مثل کپلر، که به مطالعهٔ علمی اجرام سماوی و حرکات آنها اشتغال داشتند ــ که موضوع علم اخترشناسی است ــ همزمان سعی می کردند آینده را نیز به کمك جدولهای نجومی پیشگویی کنند؛ کاری که حسابش از اخترشناسی جداست و طالع بینی نامیده می شود. کیمیاگری هم در پی افکار واهی بود. علم شیمی که می کوشد پدیده‌ها را بفهمد، چند دهه بعد به‌وجود آمد. آن زمان، مرزهای فعالیتهای مختلف فکری به اندازهٔ امروز روشن نبود و یك هنرمند می توانست مثلا به علوم طبیعی و به طب هم بپردازد.

طالع‌بینها و کیمیاگران شهر صد برج

در سال ۱۵۹۹، رودولف دوم موفق شد اخترشناس پرآوازه، تیکو براهه را به دربار خود بیاورد. به کمك ابزارهای دقیقی که به سفارش او صنعتگران چیره‌دست ساخته بودند، اما بدون داشتن دوربین بزرگنما که چند سال بعد گالیله بکار می‌گیرد، او در مملکت خودش دانمارك، در جزیرهٔ هوِن[8] رصدخانهٔ اورانیبورگ[9] (= قلعهٔ آسمانها) را ساخته بود و در طول ۲۰ سال موقعیت سیارات و ستارگان را اندازه‌گیری کرده بود. این اخترشناس که اندازه‌گیریهای با چشم غیرمسلح او از نظر دقت، بی‌نظیر بود، از همهٔ ستارگانی که در آسمان رصد کرده بود فهرستی فراهم آورده بود. براهه حرکات ماه، سیارات و ستاره‌های دنباله‌دار را پیگیری کرده بود. او شهرتش را به‌ویژه مدیون کشف ستارهٔ فوق‌العاده درخشانی بود که در سال ۱۵۷۲ به تازگی ظاهر شده بود و تیکو براهه آن را نووا[10] یعنی «نواختر» نامیده بود.

براهه یك سال پس از ترك گراتس[11] (اتریش) و آمدن به پراگ، اخترشناس و ریاضیدان جوان، یوهان کپلر را که از تفتیش عقاید کلیسا در رنج بود، به نزد خود آورد. در تابستان ۱۶۰۱، امپراتور، آنها را مأمور تدوین «جدولهای رودولفی» کرد که می‌باید حرکت سیارات را بر پایهٔ داده‌های اخترشناسیِ پیشینِ تیکو براهه پیش‌بینی می‌کرد. تیکو براهه از کپلر خواست که مخصوصاً حرکات سیارهٔ مریخ را زیرنظر بگیرد. با وجود این، استاد و دستیار دربارهٔ این حرکت، همعقیده نبودند. برای تیکو براهه زمین در مرکز عالم واقع بود و خورشید به دور زمین و سیارات به دور خورشید می‌چرخیدند؛ کپلر، برعکس، عقیدهٔ انقلابی کشیش لهستانی کوپرنیك را پذیرفته بود که به موجب آن، زمین سیاره‌ای بود مثل بقیه که به دور خورشید می‌چرخند. این اختلاف نظر فرصتی برای بسط پیداکردن نیافت، زیرا چند ماه نکشید که تیکو براهه درگذشت و کپلر ازسوی امپراتور به سمت «ریاضیدان سلطنتی» با مأموریت نظارت بر ابزار آلات استاد و ادامهٔ کارهای او منصوب شد.

به برکت مشاهدات تیکو، کپلر کشف کرد که سیارهٔ مریخ هم ــ مثل سایر سیارات ــ در یك مدار بیضوی به دور خورشید می‌چرخد و نه مدار مستدیر که تا آن روز تصور

---

8. Hveen 9. Uraniborg 10. nova 11. Graz

می شد. کپلر، نتیجهٔ این مشاهدات را در ۱۶۰۹، که امروز به نام قانون اول کپلر نامیده می شود، در کتابش دربارهٔ شناخت آسمان به نام *آسترنومیا نووا*[۱۲] منتشر کرد. آنچه را که کپلر در پراگ می توانست به قلم بیاورد گالیله در همان زمان نمی توانست در ایتالیا به زبان بیاورد. با وجود پشتیبانی امپراتور، که بدون آن این کتاب انتشار نمی یافت، کپلر احتیاط می کرد تا با ارباب کلیسا در مبارزه‌ای آشکار درگیر نشود. او چنین توضیح می داد: زمین در مداری بیضوی به دور خورشید می چرخد؛ که در یکی از کانونهایش خورشید قرار دارد، و در کانون دیگرش، خداوند با جملهٔ فرشتگان مقرب.

همان طور که گفتم زمانه، زمانه آشفته‌ای بود. در ۱۶۲۰، کپلر مجبور شد به قصبه‌ای نزدیك اشتوتگارت برگردد تا ازمادرش که به جرم ساحرگی زندانی شده بود، دفاع کند. به برکت لایحهٔ دفاعیه‌ای که قرائت کرد، توانست بی گناهی مادرش را اثبات و او را از زندان برهاند.

اگر شما پشت کلیسای جامع پراگ به گردش بپردازید، کوچهٔ تنگ و باریکی خواهید یافت که درآن، خانه‌های کوچك رنگین مثل خانه‌های عروسکی، ردیف شده‌اند. آن کوچه را کوی کیمیاگران یا کوی طلایی می نامند. با وصف این، مورخان معتقدند که کیمیاگران دربار رودولف دوم دراین محله سکونت نداشتند، بلکه کمی دورتر از آنجا، در محلهٔ «ویکارسکا اولیکا»[۱۳] زیر سایهٔ کلیسای جامع «سن گی[۱۴]» منزل داشتند. کیمیاگری در این زمان، ارج وقربی داشت. دریکی ازاین کارگاهها پسر تیکو براهه کار می کرد. در میان کیمیاگرانی که دوروبر امپراتور را گرفته بودند چند شخصیت خارجی هم دیده می شد، نظیر جان دی[۱۵] ودستیارش ادوارد کلی[۱۶]، که عاقبت معلوم نشد آیا صنعتگران صادقی بودند، یا شارلاتان یا جاسوسان یك دربار بیگانه.

کلمهٔ alchimie از کلمهٔ عربی «الکیمیا» است. در گذشتهٔ دورتر، در قرن چهارم، زوسیموس[۱۷] در حوزهٔ اسکندریه، بدان ریشه کیمیاگری و نام کِمِس[۱۸] داده بود که به ظنّ او یکی از نبیهای یهود بود؛ اما کلمهٔ «شِمِش» به زبان عبری به معنای آفتاب است، که کار کیمیاگری با آن به انجام می رسد.

کیمیاگران چند هدف را یکجا دنبال می کردند؛ مطالعهٔ عناصر بنیادی طبیعت

---

12. *Astronomia nova* 13. Vikarska ulicka 14. Saint Guy
15. John Dee 16. Edward Kelley 17. Zosimus 18. Chémés

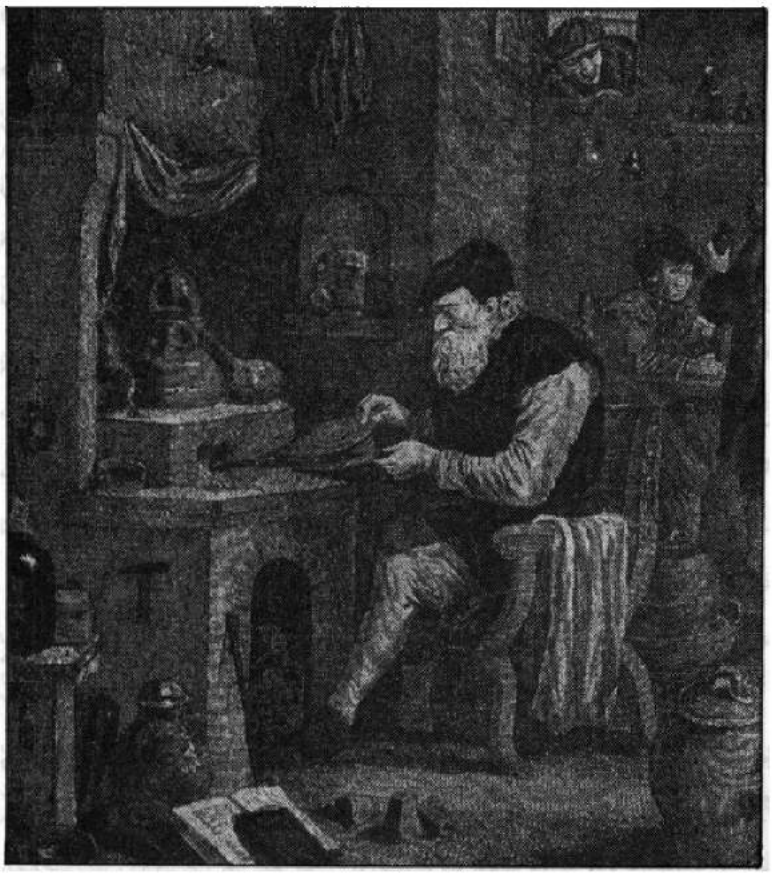
می باید آنها را به معرفت نهایی هدایت می کرد تا بتوانند به حجر الفلاسفه یا اکسیر دست یابند و به کمك آن، فلزات پَست مثل سرب و مس را به نقره و طلا «تبدیل» کنند.

کیمیاگری درچین، هند، اسکندریه، و سپس در کشورهای اسلامی و در اروپا رواج یافته بود. برخی ازدستورالعملهایش به فنون آهنگری دوران باستان می رسید. سابقهٔ این فکر که ماده، واحد است، و مواد کانی، مخصوصاً فلزات از یك عنصر واحد یا از چهار عنصر اصلی منشأ می گیرند به یونان باستان می رسد. ذوب یك فلز، ترکیبات (آلیاژهایی) که مستعد آنهاست، به تبدّلاتی می انجامید که برای قدما اعجاب انگیز می نمود و مایهٔ تصوراتی شده بود که مثلا می توان فلزی را به فلزدیگر تبدیل کرد. آنان عناصر شیمیایی و ترکیباتشان را خوب نمی شناختند و از فنونی که بتوانند آنها را از یکدیگر تمیز دهند بی بهره بودند. آنان فلزاتی را هم یافته بودند، نه تنها در کانیهای زیر زمینی، بلکه در سنگهایی که از آسمان فرو افتاده بودند و در گذشته برایشان خواص فوق طبیعی قائل بودند. که امروز به نام «شهاب سنگ»[19] می شناسیم. منظور آنها بیشتر رام کردن فلزاتی بود که به گمانشان خواص سحرآمیز داشتند.

کیمیاگری در جست وجوی امر مطلق، همان قدر که بر روایات اسرارآمیز و عجیب وغریب متکی بود ــ مثل خون تازهٔ گوزن که در شرایط خاصّ می تواند طلا را حل کند ــ بر فرمولهای سیمیاگری هم به استناد متون «عهد قدیم» و مشاهدات واقعی تکیه داشت. یك حکم، یك فرضیه به‌طور نظام یافته وارسی نمی شد. از این رو، جادو را از شناخت جدید حقیقی نمی شد تمیز داد. بازتاب این تلاشهای نافرجام در ادبیات هم دیده می شود. از آن جمله چاسر[20] شاعر و نویسندهٔ انگلیسی اواخر قرن چهاردهم است که در *قصه‌های کانتربری* حکایت می کند که یك کیمیاگر تازه کار با دسته‌ای زائر روبه‌رو می شود و با آنها درددل می کند: «چهره‌ام مثل گچ، سفید و نگاهم مثل سرب، سیاه است؛ اگر شما هم به کار علم بپردازید پی خواهید برد که از شدت کار برای تهیهٔ ملغمه‌ها چشمانم تیره‌وتار شده‌اند؛ این تنها چیزی است که از کیمیاگری عاید می شود». در زمان ما مارگریت یورسنیر[21] در *کاردرتاریکی* می نویسد: «مزیت بزرگ جادو و فرزند آن، کیمیاگری، بدیهی دانستن وحدت ماده بود آن‌چنان که برخی از فلاسفهٔ قرع و انبیقی پنداشتند که می توان آن را با نور و با صاعقه، همانند ساخت».

---

19. meteorite 20. Chaucer 21. Marguerite Yourcenar



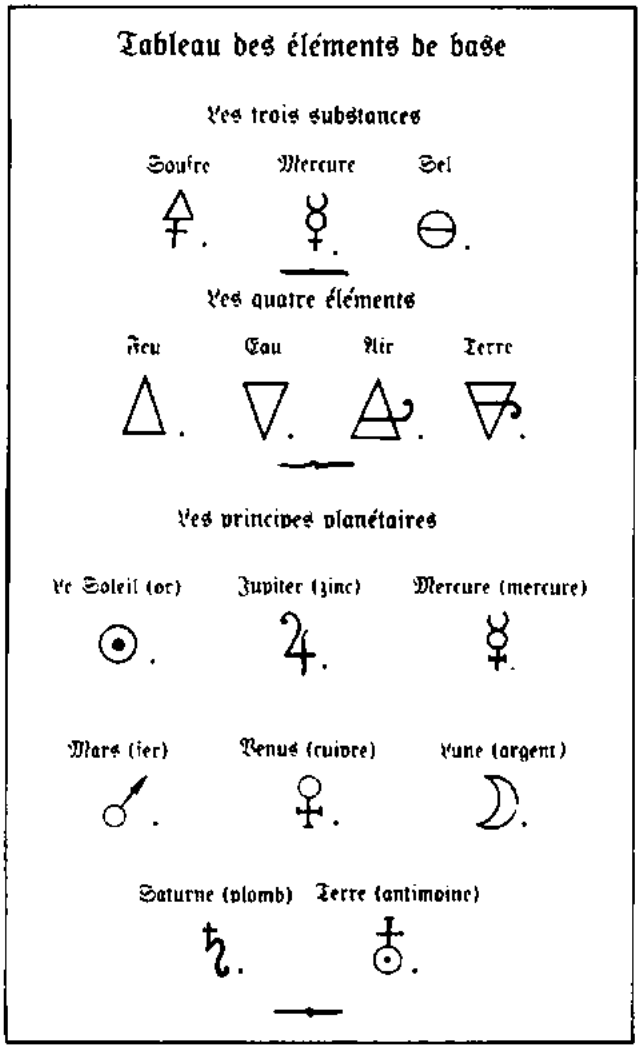
یك کارگاه کیمیاگری، (گراور قرن ۱۸، اثر د. تنیر D. Teniers)

یك کارگاه کیمیاگری را به تصور آورید که با کمکهای مالی امپراتور برپا شده است: در تالاری گنبدی و نیمه‌روشن، انواع قرع و انبیقها برای عملیات عرقگیری و تصفیه، اجاقی، بوته‌ای، دَم آهنگری و بخاراتی که از دیگهای درحال غلیان بلند می شود؛ با استاد و دستیارانی که هفته‌ها، ماهها، بل سالها دست به‌کارند. برخی از دستورالعملهای کیمیاگری که خیلی هم سِرّی نگهداری می شدند به دست ما رسیده است. نمونه‌ای از آن ازکتابی منسوب به استاد آلبرت[۲۲]، استخراج شده که یقیناً اسمی ساختگی است. *آلبرت کوچك*، جُنگ دستورالعملهایی دوره‌ای است که ما از آن صحبت می کنیم: «پنج سیر مِلح مس ِ قبرس را در پنج سیر آب آهن گداز که از صافی

---

۲۲. منظور آلبرتوس ماگنوس ملقب به آلبرت کبیر است. رك. زندگینامهٔ ضمیمهٔ کتاب. ــم.

عبور داده‌اید دَم کنید. پس از ۲۴ ساعت، اول آن را از کرباس آب ندیده بگذرانید، سپس آن را با قرع و انبیق روی آتش خاکستر تصفیه کنید... از طرف دیگر، نیم سیر جیوهٔ فرد اعلا را در یك بوته بگذارید... وقتی شروع به غلیان کرد، نیم سیر طلای ناب ورق شده را در آن بریزید و بوته را فوراً از روی آتش بردارید... پنج سیر سرب خالص را پس از ذوب کردن با ملغمهٔ طلا و جیوه مخلوط کنید... نیم سیر عصارهٔ کات کبود را به آن بیفزایید، پس از آنکه ملغمه را مدتی روی آتش خوب به هم زدید و در هم جذب شدند. بگذارید سرد شود، طلای خوبی به دست می آید...»



چند نماد پایهٔ کیمیاگری

باید کمی طلا در این ملغمه ریخته شود به این امید که مقدار زیادتری طلا به دست آید!

فراهم کردن طلا برای امپراتور رودولف دوم که خزانه‌اش همیشه خالی بود، اهمیّت بسزایی داشت؛ اما به رغم گفته‌های عده‌ای شارلاتان، تبدیل فلز به طلا پس از قرنها، جست‌وجویی بیهوده و بی‌ثمر بوده است.

با وصف این، نباید چنین تصور کرد که این کارها یکسره غیرمنطقی یا خرافه بوده است. کیمیاگران در طول قرنها خواص واقعی برخی از عناصر و خواص تبدّلات شیمیایی را کشف کرده بودند که راز آنها را حفظ می‌کردند و بندرت به شاگردان مَحرم، بروز می‌دادند. علم شیمی در آغاز راه از پاره‌ای شناختهای کیمیاگری بهره‌مند شده است.

کِی دیده شده که یك عنصر شیمیایی به عنصری دیگر مبدّل شود

با وجود این، دگرگونی واقعی وقتی تحقق یافت که این فکر جا افتاد که یك خاصیت شیمیایی را نمی‌توان پذیرفت مگر آنکه مشاهده‌ای دقیق و منظم آن را به اثبات رسانیده باشد. تقدم تجربه بر نظریه، اساس علم جدید را تشکیل می‌دهد. و این امر ایجاب می‌کند که وسایل اندازه‌گیری دقیق توسعه پیدا کند. یك نظریه هر اندازه هم که جالب باشد، هنگامی پذیرفتنی است که متکی بر تجربیات باشد و نتایج به‌دست آمده انتشار بیابد تا در آزمایشگاههای متفاوت مورد رسیدگی قرار گیرد و تأیید گردد.

از قرن هیجدهم، دانشمندان گامهای اول را در جهت زدودن توهمات ظاهری برداشتند، و ثابت کردند که برخی از عناصر، واقعاً بنیادی، و بقیه، ترکیبات عناصر نخستین هستند. عناصر اولیه را که تجزیه‌ناپذیرند عناصر شیمیایی نامیدند. عناصر بنیادی را نمی‌توان تعریف کرد مگر به تبع تکمیل فنون تجزیهٔ آزمایشگاهی که به دست آمده‌اند. در ۱۹۱۳ و به یُمن مطالعات موزلی و بور بود که ماهیت یك عنصر شیمیایی، واقعاً فهمیده شد. در عصر نوزایش، تعداد اندکی از این عناصر شناخته شده بودند: سرب، قلع، آهن، مس، نقره، طلا، جیوه (سیماب)، گوگرد، سیانور و کربن. از قرن هیجدهم تعداد کثیری از این عناصر بنیادی کشف و مجزا گردیدند. ثابت شد که این عناصر از تعداد زیادی اتمهای مشابه بسیار کوچك تشکیل شده‌اند و سرانجام ابعاد

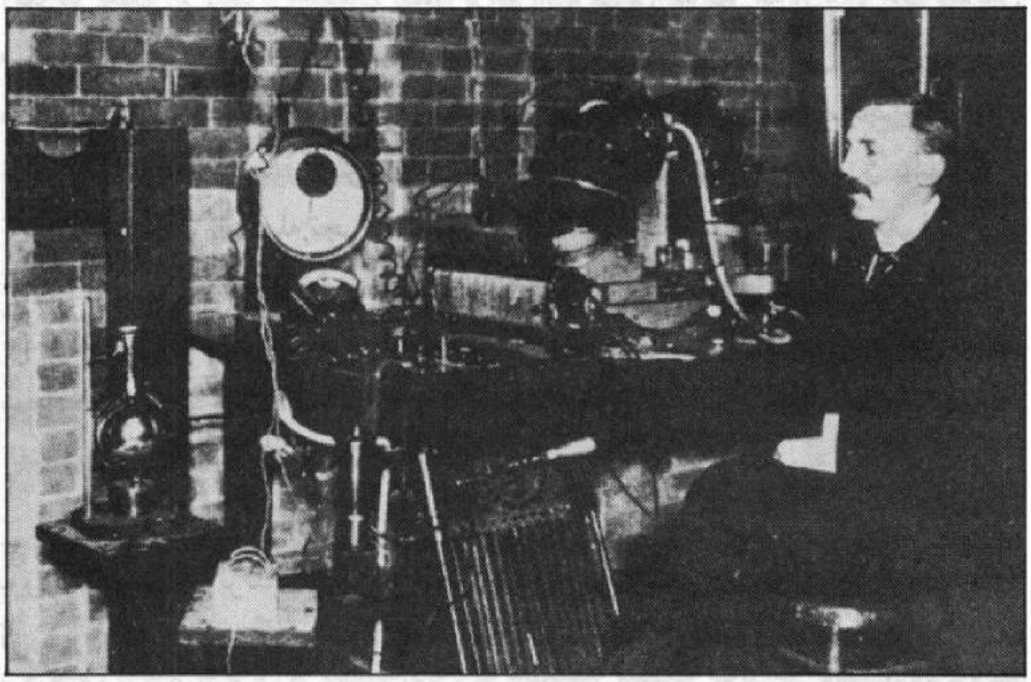
آنها نیز تعیین گردید. از اجتماع اتمها با هم ملکولهای عناصر ساده یا مرکب تشکیل می شود. وهمان طور که ۲۵۰۰ سال پیشتر، فلاسفه یونانی ذیمقراطیس (دموکریتوس[۲۳]) و لوسیپوس[۲۴] گفته بودند، پذیرفته شد که این اتمها، ذرات نهایی، تجزیه‌ناپذیر و نفوذناپذیرند. و این، بزرگ‌ترین پیروزی شیمیدانان و فیزیکدانان قرن بیستم بود. تجربیات بسیار، از جمله تجربیات ژوزف پروست[۲۵] که جان دالتون[۲۶] معرفی کرده است، سپس تجربیات لوئی گی لوساك[۲۷] امکان بررسی «فرضیهٔ اتمی» را فراهم ساخت. *سرانجام تأیید شد که در یك گرم گاز هیدروژن ۶۰۰/۰۰۰ میلیارد میلیارد اتم وجود دارد.*

اینك خواهید دید که از ۱۸۹۶ اکتشافات مهمی صورت می گیرد که ما را به خیلی دورتر از اینها می برند. در پاریس، هانری بِکِرِل[۲۸] سپس پی‌یر کوری[۲۹] و ماری کوری[۳۰] خاصیت شگفتی در اتمهای اورانیوم، آخرین عنصر طبقه‌بندی تناوبی، کشف کردند. این اتمها «رادیو اکتیو» هستند: یعنی خودبه‌خود و به طور مداوم، پرتوهای نفوذکننده پخش می کنند. این پرتوها بر صفحهٔ عکاسی اثر می گذارند، هوا را الکتریسیته‌دار می کنند یا به اصطلاح فنی موجب «یونیدگی»[۳۱] آن می شوند. این یونیدگی امکان می دهد که مقدار تابشها را اندازه بگیریم. علاوه بر اورانیوم وتوریوم[۳۲] که تا آن وقت شناخته شده بودند، پی‌یر و ماری کوری عناصر شیمیایی جدیدی را که به مقدار ناچیزی در کانه‌های اورانیوم وجود دارد از راه تابششان کشف ومجزا کردند. این عناصر رادیو اکتیو را پُلونیوم[۳۳] و رادیوم[۳۴] نامیدند.

حالا از ساحل اروپایی اقیانوس اطلس به ساحل امریکایی آن گذر کنیم و به کانادا و به شهر مونترال برویم، که در آن وقت از مستملکات بریتانیا بود. در وسط این شهر که اکثر جمعیت آن به زبان فرانسه تکلم می کنند، دانشگاه انگلیسی زبان مك ـ گیل[۳۵]،

---

23. Democritus 24. Leucippus 25. Joseph Proust 26. John Dalton
27. Gay - Lussac 28. H. Becquerel 29. Pierre Curie 30. Marie Curie
31. ionization 32. thorium 33. polonium 34. radium
35. Mc Gill



ارنست راترفورد در برابر دستگاه اندازه گیری تابش آلفا در آزمایشگاه مك دونالد در مونترال کانادا در ۱۹۰۶

آزمایشگاه مجهز فیزیك مك دونالد[۳۶] را در خود داشت که به برکت بخشایش مردی که از تجارت دخانیات به ثروت کلانی رسیده بود، خیلی خوب مجهز شده بود. یك فیزیکدان جوان ۲۷ ساله اهل زلاند جدید، ارنست راترفورد که با جی. جی تامسون[۳۷] مشهور در آزمایشگاه کاوندیش[۳۸] کمبریج در انگلستان کار می کرد، در ۱۸۹۸ پذیرفت که در دانشگاه دوردست مك ـ گیل تدریس کند. آنچه اورا جلب می کرد حقوق نسبتاً مختصری نبود که به او پیشنهاد شده بود، بلکه وسایل استثنایی آزمایشگاه این دانشگاه بود که به او امکان می داد تحقیقاتش را در عرصهٔ جدید رادیو اکتیویته پیش ببرد. برای این منظور پیش از ترك انگلستان مقداری نمکهای اورانیوم و توریوم برای ادامهٔ تحقیقاتی که شروع کرده بود به کانادا فرستاد. ارنست راترفورد تحقیقاتش را بویژه روی مطالعهٔ رادیو اکتیویتهٔ توریوم و مشتقات آن متمرکز کرد. توریوم فلزی است

36. Mac Donald 37. J.J.Thomson 38. Cavendish

سنگین، سفید، نقره‌فام، نسبتاً نرم، که نامش را به افتخار «تور»[39] خدای اساطیری اسکاندیناوی توریوم گذاشته‌اند. محقق جوان، خودش را درمیدان رقابت احساس می‌کند. در نظر او، دراین مسابقهٔ علمی بهترینها بِکِرِل و زوج کوری هستند، او می‌خواهد نه فقط عقب افتادگیش را جبران کند، بلکه اگر بتواند پیش هم بیفتد.

ازاواخر پاییز ۱۸۹۸، یعنی پس ازاعلام کشف پُلونیوم اما قبل ازرادیوم، او کارش را در کانادا شروع کرد. وقتی که در کمبریج بود دریافته بود که نیترات توریوم در فضای آزاد به طرزی هوسبازانه پرتوافکنی می‌کند و نه مداوم. او این مشاهده را در مونترال از سر گرفت تا منشاء پدیده را بفهمد؛ سپس متوجه شد که اندازهٔ رادیواکتیویته برحسب بازیا بسته بودن درِ آزمایشگاه تغییر پیدا می‌کند... چه‌بسا اگر کس دیگری جای او بود به این وضعیت ظاهراً تصادفی توجهی نمی‌کرد، اما راترفورد که به اندازه‌گیریهایش کاملا اطمینان داشت معتقد بود هر مشاهده‌ای سزاوار یك تعریف است. او تجربه‌ها را هر بار با تغییردادن شرایط تکرار کرد و بالاخره موفق شد نشان دهد که توریوم مداوماً نوعی «بخار»، گازرادیواکتیو می‌پراکند، وبدون آنکه بداند دقیقاً ماهیت آن چیست، آن را گاز (اِماناسیون) توریوم نامید. جریان هوای حاصل ازبازبودن در، مقداری از «گاز» را می‌بُرد و درنتیجه، شدت تابش اندازه‌گیری شده، کاهش می‌یافت.

برای مطالعهٔ دقیق‌تر این «گاز»، راترفورد جریان گاز را از روی نمونهٔ اکسید توریوم عبور داد که بلافاصله به محفظه‌ای که دستگاه اندازه‌گیری درون آن جاداشت، وارد می‌شد. او مشاهده کرد که رادیواکتیویتهٔ «گاز» به مرور زمان کاهش پیدا می‌کند؛ پس ازیك دقیقه تقریباً نصف می‌شود؛ پس ازدقیقهٔ دوم، به یك چهارم کاهش می‌یابد و به همین ترتیب تا به آخر. غافلگیری تازه: هرچیز که با «گاز» تماس داشته باشد پس از مدتی پوششی از رادیواکتیو پیدا می‌کند که آن هم موقتی است، اما مدت دوام آن طولانی‌تر است (۱۱ ساعت به جای یك دقیقه). وقتی که پی‌یر وماری کوری، در نوامبر ۱۸۹۹، پدیدهٔ مشابهی یافتند که با نمکهای رادیوم ایجاد می‌شد، آن را رادیواکتیویتهٔ القایی نامیدند. راترفورد بعداً ثابت کرد که منشاء این رادیواکتیویتهٔ القایی، همان «گاز» است.

این «گاز» و این رسوب اکتیو برای محققان آزمایشگاه مك‌دونالد مسائلی را مطرح

---

39. Thor

کرد. یکی از همکاران راترفورد به نام آ. اس. اِوْ[40] بعدها اظهار داشت، که به یك صنعتگر ساختن ابزاری را سفارش داده موسوم به الکتروسکوپ با صفحهٔ طلا برای آنکه بتواند الکتریسیتهٔ آزاد شده از عناصر رادیو اکتیو را اندازه بگیرد. وقتی این دستگاه بار الکتریکی پیدا می کرد، صفحهٔ طلا که به سوزنی وصل بود، وضعیت معینی پیدا می کرد؛ اثر تابشها تخلیهٔ الکتریکی دستگاه بود که باعث جابه‌جایی صفحهٔ طلا می شد. در صورتی که در دستگاهی که ساخته شده بود صفحهٔ طلا هیچ گاه در جای خود نمی ماند و پس از اندك زمانی می افتاد. *آ. اس. اِوْ* درشبی که بی خوابی به سرش زده بود به این مسئله می اندیشد. به مکاشفه‌ای رسید؛ از جا برخاست و با جعبهٔ فلزی توتون پیپ، یك الکتروسکوپ درست کرد و آن را با لعاب یك پیپ و کمی موم، عایق کرد. این بار در آزمایش، صفحهٔ طلا در جای خود قرار گرفت. نتیجه معلوم بود: آزمایشگاه راترفورد به «گاز» و به رسوب اکتیو آن آلوده شده بود. راترفورد مسرور از توجیهی که همکارش یافته بود، از همان روز اقدامات احتیاطی خاصی را برای پیشگیری از بروز این گونه اختلالات به اجرا گذاشت.

از مرور مکاتبات راترفورد با دوستان و همکارانش متوجه می شویم که او در مونترال سخت احساس غربت می کرده است. در نامه‌ای به تاریخ اواخر مارس ۱۹۰۱ به جی. جی تامسون می نویسد: «احساس غربت، بزرگ‌ترین ناراحتی مأموریت در مستعمرات است، زیرا اگر نخواهی درجا بزنی، به مراوده‌های علمی نیاز خواهی داشت». او خودش را از آزمایشگاههای اروپایی که سرشناس ترین فیزیکدانان در آنجا جمع بودند، خیلی دور می دید. با این همه، در کمتر از یك سال همه چیز عوض شد. دیگر غربتی وجود نداشت. حالا دانشمندان جوان و پرتحرك اروپایی بودند که می خواستند به مونترال بروند و با راترفورد کار کنند.

راستی در این فاصله چه اتفاق افتاده بود؟

در همان نامه، راترفورد نوشته بود: «ما فردا در انجمن فیزیکدانان محل مباحثه‌ای مهمّ خواهیم داشت و امیدواریم که به این مناسبت، شیمیدانها را سر جایشان بنشانیم.» فیزیکدان جوان می خواهد به شیمیدانهایی که با آنها به گفت‌وگو خواهد نشست ثابت کند که کوچك‌تر از اتم هم وجود دارد، مثل الکترون که چهارسال پیشتر استادش جی.

---

40. A.S.Eve

جی. تامسون کشف کرده بود، ودیگر اینکه یك عنصر شیمیایی ممکن است، نه فقط از راه روشهای شیمی کلاسیك، بلکه به کمك تابش خود عنصر، آشکار و جدا گردد. شیمیدانی که راترفورد با او صحبت خواهد کرد شیمیدان جوان وپر استعدادی است به نام فردریك سادی[41] که پاییز گذشته از آکسفورد به مك‌ـ گیل آمده است، مناظره را دوست دارد و با زبانی گرم و گیرا مخاطبش را تحت تأثیر قرار می دهد. سادی یادآوری می کند که اتمِ نفوذناپذیر و تقسیم ناپذیر پایهٔ شیمی است و اضافه می کند که تابشها آن سازگاری مادی را که یك عنصر شیمیایی از خود نشان می دهد، ندارند. با این همه، پس از این مناظرهٔ به‌یادماندنی، راترفورد به سادی پیشنهاد می کند که بیاید و با او کار کند. زیرا به نظرش همکاری یك فیزیکدان و یك شیمیدان برای روشن کردن ماهیت گاز رادیواکتیو توریوم ضروری است.

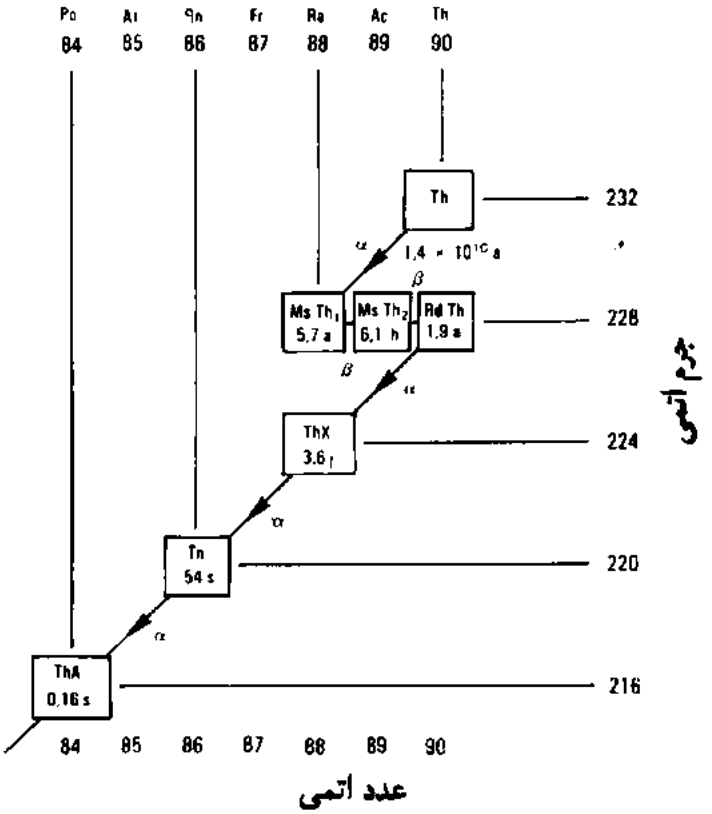
راترفورد مردی بود پرانرژی، پرشور وزودخشم؛ می توانست باورهای جاافتاده را با قدرت استدلالش نابود کند. تیزهوشی او زبانزد بود: درمیان انبوهی از داده‌های متناقض، او آن چه را که معنادار بود می دید، و با پشتکار خستگی ناپذیر، راهی رادنبال می کرد که به هدف می رساند. او به راه حل مسائل، معرفتی شهودی داشت. تجربیاتش همیشه ساده و خالی از پیچیدگیهای بی فایده و دست وپاگیر بود. حکم، حکم تجربه بود: فرضیه‌ای که بر مشاهدات متکی نبود، در نظرش پشیزی ارزش نداشت. یکی از همکاران دانشگاهیش که استاد ادبیات بود درباره‌ٔ او گفته است، تأثیری که راترفورد بر روی دیگران به‌جا می گذاشت تنها با یك کلمه می توان بیان کرد: او «رادیواکتیو» بود.

فردریك سادی نیز هوش فوق‌العاده تیزی داشت. در استدلال، سریع و در نتیجه‌گیری، درخشان بود و معلومات عمومی وسیعی داشت. او می توانست نتایج تازهٔ علمی را خوب بیان کند، خوب بنویسد و توضیح بدهد. گفت وشنود را دوست داشت، در یك کلمه، اهل مناظره بود.

همکاری پربار این دو شخصیت برجستهٔ علمی حدود هیجده‌ماه ادامه یافت؛ سادی وظیفهٔ جداسازی شیمیایی را برعهده داشت وراترفورد به کار اندازه‌گیریهای فیزیکی می پرداخت. سادی برای تجزیهٔ «گاز» گسیل شده از توریوم یا برای به‌دست آوردن ترکیبات شیمیایی با آن، ازبهترین واکنشگرهای شیمیایی استفاده می کرد. اما هیچ

---

41. Frederick Soddy



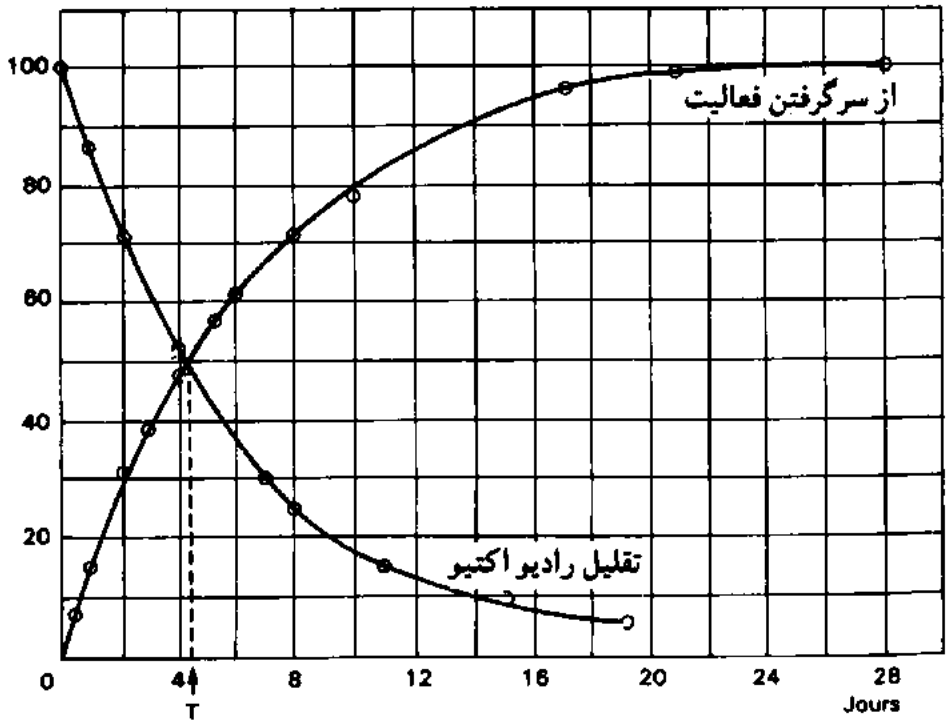
خانوادهٔ توریوم تا اولین عنصر رادیویی رسوب اکتیو (توریوم A)
(وقتی که راترفورد و سادی توریوم X را کشف کردند، هنوز دو عنصر مزوتوریوم و رادیو توریوم شناخته نشده بود) هر رادیو ایزوتوپِ خانوادهٔ توریوم به نام مخصوصی نامیده شد؛ علامت شیمیایی هر عنصر در بالای تصویر دیده می‌شود.

اتفاقی نمی‌افتاد، «گاز» همان بود که بود. این دلیلی بود که «گاز» توریوم مستعد هیچ میل ترکیبی شیمیایی نیست، لذا، یك گاز بی اثر (خنثی) بود و به خانوادهٔ گاز آرگون تعلق داشت که به تازگی کشف شده بود و بعدها به گازهای کمیاب معروف شدند. گاز رادیواکتیو توریوم را تورون[۴۲] نامیدند.

دو پژوهشگر جوان به بازتاب کشف بزرگ مشترکشان شهود قطعی دارند. توریوم، عنصر جامد، دائماً گاز گسیل می‌کند؛ آنها مبهوت از درك این معنا، به یکدیگر خیره می‌شوند. سادی به راترفورد می‌گوید: «این، یك عمل تبدّل است. توریومِ فروپاشیده

---

42. Thoron



تقلیل رادیواکتیویتهٔ توریوم x و از سرگیری رادیواکتیویتهٔ نمونهٔ توریوم در آزمایشهای راترفورد وسادی. T در اینجا دورهٔ توریوم X است (اندکی طولانی‌تر از مدتی که متعاقباً تعیین شد).

به عنصری دیگر مبدّل می شود». راترفورد در پاسخ می گوید: «سادی، تو را به خدا ساکت باش، وگرنه خیال می کنند ما کیمیاگریم!»

با وجود این، چنین فرضیه‌ای باید تأیید می شد. آیا توریوم منشاء حقیقی گسیل گاز تورون است؟ یك رشته آزمایشهای جدید شروع می شود. سادی سعی می کند از نو توریوم بسیار ناب را جدا کند، به طوری که هیچ عنصر دیگری درآن نمانده باشد. دو دانشمند با شگفتی تمام می بینند رسوبی که توریوم از آن جدا شده، گاز گسیل می کند و قسمت عمدهٔ رادیواکتیوی را که تا آن وقت از توریوم می دانستند، با خود دارد. به این نتیجه رسیدند که توریوم خالص، کمتر رادیواکتیو است تا توریوم تصفیه‌نشده، پس عنصر تازه‌ای با توریوم همراه است. راترفورد وسادی به قیاس اورانیوم x که یك سال پیشتر ویلیام کروکس[43] از اورانیوم کشف کرده بود، آن را توریوم x نامیدند. این

43. W. Crookes

جداسازی توریوم ظاهراً نمی توانست دائمی باشد و لازم بود چند بار تکرار شود. دو پژوهشگر خستگی ناپذیر نیترات توریوم کاملا خالصی را به آلمان سفارش دادند تا بتوانند مطالعات دقیق تری را انجام بدهند. با رسیدن محموله، کار را جدّی تر از همیشه از سر می گیرند. هر جداسازی شیمیایی تازهٔ سادی، اندازه گیریهای تازهٔ راترفورد را روی تابشهای آشکارساز ایجاب می کند.

درست پیش از عید نوئل ۱۹۰۱، سادی می کوشد همه توریم x را از توریوم مبداءِ جدا کند. در اوایل ژانویه، وقتی که راترفورد کار اندازه گیریها را از سر می گیرد از مشاهده نتایج، سخت شگفت زده می شود. رادیواکتیویتهٔ توریوم x خیلی تنزل کرده است، در حالی که توریوم فعالیت رادیواکتیو ثابت اوّلیه و قدرتش را در تولید گاز، تقریباً به طور کامل بازیافته است. دو دانشمند، با هیجان، آزمایش را تکرار می کنند، و به این نتیجه می رسند: رادیو اکتیویتهٔ توریوم x، به تدریج که توریوم مبداءِ، قدرت تابش خود را بازمی یابد، کاهش می پذیرد؛ مجموع دوفرایند ثابت است. واقعیت داده‌ها جای تردید باقی نمی گذارد: عنصر توریوم به عنصر توریوم x مبدّل می شود. *آنان به اثبات واقعیت تبدیل پذیری عناصر رسیده بودند.*

قانونمندی تبدّلات رادیو اکتیو

گسیل گاز از توریوم x، همچنین پدید آمدن رسوب رادیواکتیو از گاز گسیل شده، از عمل تبدّل مشابهی نتیجه می شد. در هر لحظه تعدادی اتمهای عنصر مادر فرو می پاشد و خودبه‌خود به عنصر دیگری مبدل می شود که این عنصر اخیر نیز ممکن است رادیواکتیو باشد. آهنگ این تبدّلات برحسب عناصر، بسیار متفاوت است. مثلا، توریوم عمری بسیار طولانی به مقیاس دوره‌های زمین شناختی دارد، رادیواکتیویتهٔ خاص خودش تغییرناپذیر به نظر می رسد. توریوم x که از آن نتیجه می گردد، نصف رادیواکتیویته‌اش را در ۳/۶ روز از دست می دهد. وقتی آن را مجزا می کنند، می بینیم که کم کم از بین می رود. در توریوم مبداء از طریق فرایند تبدل، منظماً اتمهای تازهٔ توریوم x ظاهر می شود. تعداد اتمهایی که بازسازی می شود با تعداد اتمهایی که فروپاشیده می شود مساوی است، به قسمی که مجموعشان پیوسته ثابت می ماند. این وضعیت، تعادل رادیواکتیو موجود در کانه‌های طبیعی را تشکیل می دهد.

تعداد اتمهایی که بر حسب واحد زمان مبدل می شود همیشه همان نسبت عددی را به کل اتمهای موجود دارد. این ضریب تناسب، از خصوصیات هر عنصر رادیواکتیو است. نشان داده شده است که این ضریب تناسب، هم از شرایط فیزیکی ــ دما، فشار و هم از شرایط شیمیایی مستقل است. از آن «قانونِ نمایی کاهش»[۴۴] یك عنصر رادیواکتیو نتیجه می گردد: به موجب آن در مدت زمانی معین که «دوره» گفته می شود، مقدار رادیو اکتیویتهٔ اوّلیه نصف می شود؛ در پایان دورهٔ دوم، فقط یك چهارم باقی می ماند، در پایان دورهٔ سوم، فقط یك هشتم باقی می ماند. همان طور که قبلا نیز اشاره کردیم، رادیواکتیویتهٔ تورون (گاز گسیل شده از توریوم) در یك دقیقه نصف می شود. مثلا اگر ۱۰۰۰ عدد اتم تورون مجزا شود: پس از دقیقهٔ اول نصف آن فروپاشیده خواهد شد و ۵۰۰ اتم باقی خواهد ماند، در پایان دقیقهٔ دوم، نصف اتمهای مانده فرومی پاشد و فقط ۲۵۰ اتم باقی خواهد ماند و همین طور تا به آخر. *رادیواکتیویته، تبدّل خودبه‌خود یك عنصر شیمیایی به عنصر دیگر است.* توریوم، یك فلز است، به توریوم x مبدّل می شود که فلز دیگری است. توریوم x نیز به نوبهٔ خود به تورون که یك گاز رادیواکتیو است، مبدّل می گردد. و این گاز به عنصر جامدی مبدل می شود که خود منشاء رسوب رادیو اکتیو است. تبدّل، دگرگونی شیمیایی، همراه و نتیجهٔ تابش اتم اولیه است.

خبر این کشف، که مفاهیم مربوط به تغییرناپذیری اتم را زیر ورو می کرد، باید هرچه زودتر منتشر می شد. اما در آن عصر معتبرترین مجلات علمی، در اروپا منتشر می شدند، و آزمایشگاههای مهم هم آنجا متمرکز بودند. دستنویس مقاله را باید به اروپا می فرستادند و گفت‌وگوی مستقیم با مسئولان مجله‌ها به سبب بُعد مسافت، مقدور نبود. چون نتایج کشفشان انقلابی بود، می باید دقت به خرج می‌دادند تا بدون سراسیمه کردن، متقاعد کنند. از مقاله‌ای به مقالهٔ دیگر، توضیحات راترفورد و سادی دقیق‌تر و استوارتر می شد. درآغاز، استادان محافظه‌کار دانشگاه مك گیل از انتشار خبر خیلی ترسیدند. آنها با خود می گفتند آیا نظریات جدید دربارهٔ تبدیل‌پذیری عناصر، به شهرت دانشگاهشان لطمه نخواهد زد و آن را اسباب مضحکهٔ خاص و عام نخواهد کرد؟ و به دودانشمند جوان که البته مدافعانی هم درمیان همکارانشان داشتند،

---

44. Exponential diminishing law

توصیه می کردند که جانب احتیاط را از دست ندهد. یکی از قدیمی ترین استادان فیزیك، جان کوکس[۴۵]، در مقام دفاع برآمد که برعکس، «این مفاهیم جدید باعث شهرت دانشگاه ما خواهد شد».

جای آن همه نگرانی نبود، نظریهٔ جدید به ضرب اول از سوی جامعهٔ علمی پذیرفته شد. تجربیات، قانع کننده بودند، هر مدعی می توانست آن را تکرار کند؛ آنها سرانجام توجیهی عقلایی و منسجم برای پدیدهٔ رادیواکتیویته ارائه می دادند. تجاهل العارفِ لُرد کِلوین[۴۶] پیر هم چندان نپایید. سرانجام، این نوری بود در تاریکی، روشنایی در ابهام. کشف دگرگونی خود به خود ــ که آن را قانون تبدّل رادیواکتیو نامیدند ــ برای راترفورد و سادی سبب اعتباری جهانی شد.

فردریك سادی به انگلستان بازگشت، اما راترفورد چند سالی به تحقیقاتش درکانادا ادامه داد. یکی از پرتوهای گسیل شده در فرایند تبدّل، اختصاصاً توجه راترفورد را جلب کرد. منشاء این پرتوها نه الکترونها بودند و نه ذرّات نور. این پرتوها که یك صفحهٔ کاغذ معمولی می توانست آن را جذب کند، ازذرات مادی نسبتاً سنیگینی با بارالکتریکی مثبت تشکیل می شد، که آنها را ذرات آلفا نامید. بعدها ثابت کرد که این ذرات، اتمهای هلیوم بودند که دوالکترون خود را ازدست داده اند. بدین ترتیب اوثابت کرد که مثلا یك اتم توریوم x به یك اتم گازتورون به اضافه یك اتم هلیوم (ذرهٔ آلفا) مبدل می شود و انرژی زیادی آزاد می کند.

در ۱۹۰۸ راترفورد جایزهٔ نوبل درشیمی را به خاطر مطالعاتش دربارهٔ تبدّل عناصر رادیواکتیو دریافت کرد. کمیتهٔ اعطاکننده جایزه، انتخابش را چنین توضیح داد: «نظریهٔ فروپاشی ونتایج تجربیی که این نظریه برآنها استوار است ما را به تفسیر نوین و خیلی گسترده تر مفاهیم بنیادی شیمی هدایت می کند. در طول قرن نوزدهم، اتم و عنصر شیمیایی، کوچك ترین واحدهایی را تشکیل می داد که می شد از راه تجزیهٔ شیمیایی به آنها رسید. این، مرحلهٔ نهایی تحقیق تجربی بود. دانش ما از آن چه که در ماورای این حد می توانست وجود داشته باشد، جز خیالبافیِ کم و بیش مبهم و سترون نبود. این مرز که دیر زمانی عبورناپذیر بود، اکنون ازمیان برداشته شده است... قانون نفوذناپذیری عناصر، دیگر قابل دفاع نیست، همان طور که قانون مولکولها پیش ازآن

---

45. John Cox 46. Lord Kelvin

چنین شد. ساختار اتمها و قوانینی را که بر آن حاکم است، می توان با روشهای علمی مبتنی بر اندازه گیریهای دقیق مطالعه کرد».

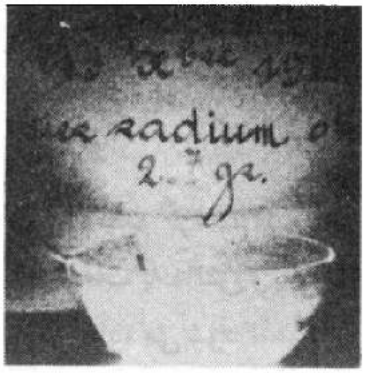
اگر امروز از یك فیزیکدان هسته‌ای بپرسند که به نظرش کارهای اصلی راترفورد چه بوده، احتمالا این قانون تبدّل رادیواکتیوها برایش تداعی نخواهد شد، بلکه فکرش متوجه دوکشفی خواهد شد که این دانشمند بزرگ چند سال بعد در منچستر به آنها دست یافت. در ۱۹۱۱، او وجود هسته‌ای در مرکز اتم را که منزلگاه همهٔ تبدّلات است به اثبات می رساند. سپس در ۱۹۱۹ او نخستین تبدیل مصنوعی را با تبدیل یك اتم ازت به یك اتم اکسیژن که اولین نمونهٔ «واکنش هسته‌ای» است، عملی می سازد. حالا دیگر می توان یك اتم سرب را به یك اتم طلا تبدیل کرد... اما قیمت طلایی که از این راه به دست می آید خیلی گران تر از طلایی است که در طبیعت یافت می شود. مقدار انرژی آزاد شده در رادیواکتیویته که در پرتوها از بین می رود قابل ملاحظه است. این انرژی از فعل و انفعال قدرتهای خیلی بزرگ‌تر از آنهایی که در واکنشهای شیمیایی عمل می کنند، حاصل می شود؛ این قدرتهای هسته‌ای اند که عمل می کنند نه قدرتهای الکتر ومغناطیسی که منشاء تبدّلات شیمیایی را تشکیل می دهند.

حالا می بینید که کیمیاگران، نظیر آنهایی که دوروبر امپراتور رودلف دوم را گرفته بودند، هیچ شانسی برای تبدیل سرب به طلا را نداشتند، زیرا برای این توفیق باید به نیروهای مشابه نیروهای ذخیره‌شده در هسته‌ها دسترسی داشت. پژوهش دربارهٔ رادیواکتیویته موجب شناسایی این نیروها و یافتن راه رهاسازی آنها می شود.

۳

سه‌شنبه

آقای وزیر، من به نشان افتخار احتیاج نـدارم من محتاج یـك آزمایشگاهم



آن شب همهٔ میهمانان در تالار بزرگ جمع شدند، یك صندلی سمت بخاری دیواری کشیده شد. همه منتظر سخنران بودند. انتظار به پایان رسید، مردی با عینك قاب طلایی، چند جلد کتاب زیر بغل وارد شد و میان ما نشست.

اسم من آندره است و در یك آزمایشگاه حوالی پاریس کار می کنم.

من امشب ابتدا ازپیشهٔ پژوهشگر که تا اوایل این قرن به صورت کنونیش به رسمیت شناخته نشده بود، و از مشکلاتی که در گذشته کاشفان نابغه با آنها روبه‌رو بوده‌اند، سخن خواهم گفت. از شخصیتهایی یاد خواهم کرد که در کتابهای درسی دوره ابتدایی فرانسه از آنان یاد می شود: نظیر برنار پالیسی[1] که در قرن شانزدهم می زیست و امروز اورا بیشتر به خاطر کارهایش در زمینهٔ سفالهای لعابدار می شناسند، اما اویك طبیعیدان عالیقدرهم بود؛ آنگاه اززوج پی یر وماری کوری حرف خواهم زد که تحقیقاتشان پلی بود از قرن نوزدهم به قرن بیستم. و بالاخره دشواریهایی را که بر سر راه تشکیل سازمانهای نوین پژوهشی وجود داشته است با شما در میان خواهم نهاد.

---

1. Bernard Palissy

چگونه سفالگر ناچار شد تخته‌های سقف خانه‌اش را به جای هیزم بسوزاند.

فیلسوف برنار دوفونتنل[2] در ۱۷۲۰ نوشت؛ «یك سفالگر، که نه زبان لاتینی می‌دانست نه یونانی، نخستین کسی بود که در اواخر قرن شانزدهم، درپاریس در حضور جمعی از دکترهای دانشگاه جرئت کرد بگوید گوش ماهیهای فسیلی روی سنگها گوش ماهیهای واقعی اند که در گذشته‌های دور، دریا آنها را همین جا که هستند به‌جا گذاشته است؛ وجانوران وبخصوص ماهیها نقشهای گوناگونشان را به سنگهای پرنقش ونگارداده اند... اوبا حمله به استدلالهای ارسطویی، دلیرانه کلّ مکتب ارسطو را به مبارزه طلبید. او برنار پالیسی، اهل سنتونژ[3]، فی الواقع بزرگ‌ترین فیزیکدانی است که تنها طبیعت می‌تواند چنین کسی را پرورش دهد.»

در سوّمین سال جمهوری فرانسه «کنوانسیون ملی» تصمیم گرفت: «به پاس حقشناسی از نابغه، در هر قرنی که زیسته باشد، به پاس خدمت به دانش و به ملت، ساختن مجسمهٔ نیم تنهٔ برنار پالیسی به یك هنرمند سفارش داده می‌شود تا در تالار اجتماعات نصب گردد.»

تاریخ دقیق تولد برنارپالسی روشن نیست. احتمالا درحدود سال ۱۵۱۰ دردهکدهٔ لاکاپل ـ بیرون[4] نزدیك آژن[5] به دنیا آمده است. پدرش سفالساز بود و به اوچیزهای مختصری آموخته بود که به برکت آن، بعدها به حرفهای مساحی، پیکرتراشی، نقاشی و شیشه‌گری اشتغال ورزید. برنارپالیسی سفری به دور فرانسه کرد ومنزل به منزل از پیرنه[6]، سِون[7]، بورگونی[8]، آردن[9]، برتانی[10] تا وال‌دولوار[11] دیدن کرد. اوبه فلاندر[12]، هلند و درّهٔ راین[13] نیز سفر کرد و آنجا به بررسیهایی پرداخت که وی را یکی از بنیانگذاران علم زمین‌شناسی ساخت. حدود سال ۱۵۳۵ به زادگاه خود سنتونژ بازگشت و درآنجا اقامت گزید و به حرفه‌های گوناگون خود مشغول شد. با دختر جوانی ازهمان شهر ازدواج کرد. در این احوال به مناسبتی به یك جام لعابدار نفیس

---

2. Bernard de Fontenelle 3. Saintonge 4. la Capelle-Biron
5. Agen 6. Pyrénées 7. Cevennes 8. Bourgone 9. Ardenne
10. Bretagne 11. Val de Loire 12. Flandres 13. Rhin

ایتالیایی برخورد. از همان لحظه، تصمیم گرفت راز این صنعت لعابکاری را پیدا کند.

از قدیم ترین ایام، ظروف سفالی اشیای مصرفی بوده اند، بعدها که درساختن آنها ازمواد مرغوب تر استفاده شد به تدریج به عنوان اشیای هنری و تزیینی خواستار پیدار کردند. دردوران باستان پی برده بودند که اشیای سفالی را قبل ازپختن در کوره‌هایی که دمای آن ۸۰۰ تا ۱۰۰۰ درجهٔ سانتیگراد است، می توان نقاشی و آنها را با لعاب اندود کرد. بعدها این نوع را سفالهای نرم نامیدند، چرا که با اشیای آهنی می شد رویشان خط انداخت. حدود ۲۰۰۰ سال قبل در چین فن ساختن سفال سخت (که حتی با فولاد هم خط بر نمی‌داشت) کشف شد و همین سفال است که در اواخر سلسلهٔ پادشاهی تانگ[۱۴] در قرن نهم میلادی، به «چینی» مبدل شد. چینی، نوعی سفال سخت است که با ماده‌ای کاملا شیشه‌ای و پردوام، شفاف، نفوذناپذیر ساخته می شود. این فن در دورهٔ پادشاهی خاندان مینگ[۱۵] در قرن پانزدهم تعمیم یافت. برای تهیهٔ چینی باید مخلوطی از خاك رس سفید، کائولن و نوعی فلدسپات آذرین را که به زبان چینی «به ـ دون ـ زی»[۱۶] نامیده می شود، در دمای بین ۱۳۰۰ تا ۱۵۰۰ درجهٔ سانتیگراد پخت. فلدسپات، کانه‌ای است با ساختار شکافت پذیر، که به صورت سیلیکات مضاعف آلومینیوم و سایر فلزات به فراوانی در قشرهای جامد زمین یافت می شود.

درسده‌های میانی با کاروانهایی که در مسیر «جادهٔ ابریشم» رفت‌وآمد داشتند چند تکه ظرفهای چینی به اروپا می‌رسد. مارکوپولو طرز ساختن آن را در *کتاب شگفتیها*[۱۷] عنوان می کند: «نوعی خاك را ازمعدن استخراج می کنند و تودهٔ بزرگی از آن را فراهم می آورند و به مدت سی یا چهل سال آن را درمعرض بادوباران و آفتاب‌رها می کنند، بدون آنکه به آن دست بزنند... بدین سان، خاك، نرم و تمیز می شود... آنها که این خاك را استخراج می کنند این کاررا برای فرزندان یا نوادگانشان انجام‌می دهند.»

در دوران رنسانس در اروپا هنرمندان می کوشند فنون لعابکاری سفالها را بهتر کنند، و به دنبال آن درصدد برمی آیند شیوه‌های کارچینیها را ازنو پیدا کنند. نخستین بار در ایتالیا در شهر فائنزا[۱۸] موفق می شوند ظرفهای چینی لعابدار با روش «حرارت زیاد روی لعاب خام» بسازند: دراین روش پس از پخت اول، ظرف سفالی را در لعاب

---

14. Tang 15. Ming 16. bai-dun-zi 17. *Livre des Merveilles*
18. Faenza

مجسمهٔ برنارپالیسی در برابر کلیسای سن ژرمن دوپره پاریس. زیرپایش انواع فسیلها و بلورها دیده می‌شود.

فرومی بردند و پس از خشك شدن، روی آن با قلم نقاشی می کردند. این فن به مهارت زیادی نیاز داشت، زیرا «رتوش» کاری روی آن مقدور نبود. به یقین، جامی که برنارپالیسی دیده بود و شوق دستیابی به فن ساختن آن را در او برانگیخته بود، ازهمین نوع بوده است. سالهای متمادی ــ ۱۵ تا ۲۰ سال ــ به رغم تمسخر و نیش زبان اهل خانواده و همسایگان روی آن کار می کند تا موفق می شود! و همهٔ دارونداش را بر سر

این کار خرج می کند. از کارها و از فداکاریهایش در کتاب دربارهٔ هنر *سفالگری*[۱۹] خود یاد می کند: «اوّل چیزی که باید اینکه تو جوینده، کوشنده و پرکار باشی. دوّم، باید ثروتی داشته باشی تا زیانهایی را که در پیگیری این هنر پیش می آیند جبران کنی.»

در سال ۱۵۴۳، زمان پادشاهی فرانسوای اول، مباشرِ خانم آن دومو مورانسی[۲۰] به سنتونژ می آید تا مالیات نمك وصول کند. پالیسی را به عنوان مساح، مأمور تهیهٔ نقشه‌های معادن نمك می کنند، همین که پولی به دست می آورد، آن را خرج ساختن کوره‌های جدید می کند و مورد عنایت مباشر سلطنتی قرار می گیرد.

من آنچه را که خود دربارهٔ کارش نوشته است برایتان می خوانم: «... من شروع به جست‌وجوی لعابها کردم، درست مثل آدمی که در تاریکی، کورمال کورمال پیش می رود... طی یکی از تجربه‌هایم رنگی سفید و زیبا پیدا شد، چنان شادمانی به من دست داد که انگار آدمی دیگر شده‌ام... کورهٔ جدیدی برپا کردم، شبیه کوره‌های شیشه‌گران، با چنان شوق و پشتکاری که گفتنی نیست؛ کاربنّایی، خشت‌زنی، آب کشی از چاه، همه و همه را با دست تنها انجام دادم، چون در این ایام نمی توانستم حتی یك نفر را اجیر کنم که در کارها کمکم کند. پس از آماده شدن کوره، پخت اول ظرفها را انجام دادم؛ اما وقتی کار پخت دوم به پایان رسید چنان افسردگی و خستگی برایم ماند که هیچ کس تصورش را نمی تواند بکند... ظرفها را با آن لعاب اندود کردم و در کوره چیدم و مرتباً دمای کوره را در حد بالا حفظ کردم، اما شوربختی تازه‌ای به سراغم آمد که بسیار متأثرم کرد و آن این بود که در وسط کار، ذخیرهٔ هیزمم به اتمام رسید، ناچار شدم اول پایه‌های درختهای باغچه‌ام را بسوزانم، سپس ناگزیر شدم میز و تخته‌های سقف خانه‌ام را بسوزانم تا بتوانم ترکیب دوم را ذوب کنم. درچنان غم و غصه‌ای فرو رفته بودم که زبان از بیانش عاجز است، زیرا خودم از فشار کار و از گرمای کوره، چلانیده و خشکیده شده بودم؛ بیش از یك ماه می گذشت که پیراهن به تنم خشك نشده بود، حالا اینها کم بود، کسانی هم که باید کمکم می کردند و دلداریم می دادند، مسخره‌ام می کردند و بر سر بازار جار می زدند که فلانی تخته‌های سقف خانه‌اش را به آتش کشیده است، تا مرا بی آبرو کنند و خلایق تصور کنند که خُل شده‌ام... از گذرها مثل آدمی شرمنده و سرافکنده ردمی شدم،

---

19. *De l'Art de Terre* 20. Anne de Montmorency

به چند نفر مقروض شده بودم، دو بچهٔ کوچکم را به دایه سپرده بودم، چون نمی توانستم خرجشان را بدهم... گل و آجر کوره، گداخته و شیشه‌ای شده بودند به قسمی که وقتی خواستم کوره را خراب کنم، همهٔ انگشتانم بریدند و چاك چاك شدند، به طوری که با انگشتهای پارچه پیچی شده، تا مدتها نمی توانستم غذایی جز آش بخورم...»

برنارپالیسی سرانجام در ۱۵۵۵، موفق شد ظرفهای سفالی با پوشش لعاب یشمی بسازد و برای این کار، او فنی را به‌تصور آورده بود که ظرفهای سفالی را موقع پختن با چیدن در دیگهای گلی از شعلهٔ مستقیم آتش حفظ کند. گلدانها، بشقابها و تندیسهایی که او ساخت به سرعت مورد پسند اشراف سنتونژ، سپس مباشر سلطنتی قرار گرفتند، مباشر حامی او شد و پالیسی را مأمور زیباسازی و آراستن املاك خود کرد.

در این روزها افکار نوین لوتر و کالوَن به سنتونژ می‌رسد و پالیسی به «کلیسای اصلاح شده» می پیوندد. بعد از فرمان ۱۵۵۹، پارلمان بوردو[۲۱] او را زندانی می کند. چند تن از نجیب زادگان به شفاعت او برمی خیزند. مباشر مو مورانسی به کاترین دو مدیسی[۲۲] ملکهٔ مادر مقتدر فرانسه متوسل می شود و شاه، پالیسی را مشمول عفو قرار می‌دهد و او را به منصب سفالگر خاصّ شاه می گمارد. کاترین دومدیسی او را به پاریس دعوت می کند و در کاخ تویلری سکنا می‌دهد و مأمور زیباسازی باغهای سلطنتی می کند. باستان شناسان یکی از کوره‌هایی را که کارگاه او بوده، در منتهی الیه کاخ قدیم تویلری نزدیك «پاویون دو فلور»[۲۳] یافته‌اند.

اقامت سفالگر مادر یکی از بیوتات سلطنتی، جان او را از قتل عام سن بارتلمی[۲۴] در ۱۵۷۲ نجات داد. دامنهٔ این قتل عام به تمامی فرانسه گسترش یافت و تنها یك شهر در امان ماند که شهر اوتون[۲۵] بود. والی با درایت آن، عالیجناب ژانین[۲۶] در اجرای فرمانهای رسیده دست نگه داشت و گفت: «وقتی پادشاهان از سر خشم فرمان می‌دهند لازم نیست در اطاعت از آنها عجله به خرج داده شود.»

برنارد پالیسی در ۱۵۷۵ در پاریس به آموزش عمومی پرداخت و اولین مرکز علوم طبیعی را تأسیس کرد. در این میان سختگیری در حق کسانی که از کلیسای کاتولیك روی برگردانده بودند به شدت ادامه داشت. به دستور لیگ (۱۵۷۶)، پالیسی را با

---

21. Bordeau 22. Catherine de Medicis 23. Pavillon du Flore
24. Saint Barthelemy 25. Autun 26. Jeannin

وجود سن زیاد به زندان باستیل انداختند و محکوم به زنده‌زنده سوختن کردند. شاه هانری سوم برای دیدن او به دخمه‌اش رفت و از او خواست که از دین خود برگردد و به آئین کاتولیك بگرود. پالیسی در پاسخ گفت: «اعلیحضرتا، این سخن، شاهانه نیست. شما نمی‌توانید یك سفالگر را وادارید در پای مجسمه‌ها و شمایلها زانو بزند، زیرا که من بلدم چگونه بمیرم.» هانری سوم موفق شد او را از کیفر آتش برهاند، اما پالیسی در زندان ماند و چند ماه بعد در سن ۸۰ سالگی در همان جا مرد. یکی از جمله‌های کوتاه او این بود: «فقر نمی‌گذارد مردمان هوشمند به هدفهای بزرگشان برسند».

راز چینی سازی چگونه از نو کشف شد.

پالیسی فن لعاب دادن به سرامیکها و رنگامیزی آنها را با رنگهای جدید تکمیل کرده بود، اما راز ساختن چینی آلات به شیوهٔ چینی هنوز در پردهٔ اسرار مانده بود.

یك قرن بعد از او در ایالت ساکس[۲۷]، راز آن را یان فردریك بوتگر[۲۸] کشف کرد. او در ۱۶۸۲ متولد شده بود، و در نوجوانی کارش را با کارآموزی نزد یك داروساز در برلین آغاز کرده بود. ضمن آموختن حرفهٔ داروسازی به کار کیمیاگری هم علاقه داشت و در جست‌وجوی یافتن راههایی برای تبدیل برخی از فلزات به طلا بود. این جوان جست‌وجوگر آن طور که سزاوار است شناخته نشده است و سرنوشتش هم بهتر از برنارپالیسی نبود. بوتگر در کتابخانهٔ داروساز، مجموعه‌ای از رساله‌های مربوط به کیمیاگری از آن جمله رسالهٔ کشیشی از فرقهٔ بندیکتن به نام بازیلیوس والنتینوس[۲۹] را خوانده بود. شبها از خواب برمی‌خاست و به آزمایش می‌پرداخت.

او که دستیار داروساز شده بود، شب اول اکتبر ۱۷۰۱ درحضور چند شاهد آزمایش تبدیل را در پستوی داروخانه انجام داد و در خاتمهٔ آزمایش، یك تکهٔ کوچك طلا به آنها نشان داد. ما از چگونگی آزمایش او اطلاعی نداریم، ممکن است با تردستی تکه‌ای طلا به درون همزن انداخته باشد. آنچه می‌دانیم این است که صبح فردا خبر آن، دهن به دهن در برلین می‌گشته؛ به طوری که لایب نیتس، ریاضیدان بزرگ، درمکاتباتش به آن اشاره می‌کند. پادشاه پروس فردریك اول، رئیس صنف داروسازان را احضار می‌کند و

---

27. Saxe 28. Jean Frederic Bottger 29. Basilius Valentinus

دستور می‌دهد طلای ساخته شده، تحویل داده شود. سپس اقداماتی به عمل می‌آورد تا شخص و خدمات بوتگر را در اختیار داشته باشد، و از او «دعوت» می‌کند تا هر چه زودتر خودش را به دربار معرفی کند. کیمیاگر جوان بدون آنکه باقیماندهٔ دستمزدش را طلب کند، شبانه از برلین می‌گریزد. او به ساکس پناهنده می‌شود؛ شهر کوچك دانشگاهی در ویتنبرگ[۳۰] نزدیك مرز پروس. فردریك اول دست بر نمی‌دارد، افسری را با چند سرباز برای تحویل گرفتن کیمیاگر از مقامات شهر به ویتنبرگ اعزام می‌دارد. مقامات قضایی ابتدا بوتگر را به زندان می‌اندازند، ولی در این گیر و دار چون از علت اصلی اقدام فردریك خبردار می‌شوند، پادشاه خودشان اگوست لوفور[۳۱]، شاهزادهٔ ساکس و پادشاه لهستان را از جریان آگاه می‌کنند. شاهزاده استرداد بوتگر به پروس را رد می‌کند، و او را در حمایت خود می‌گیرد و دستور می‌دهد تحت الحفظ، او را به شهر خود دِرسدن[۳۲] بیاورند و در آنجا وادارش کنند تا برای او از سرب طلا بسازد! بوتگر یك بار دیگر اقدام به فرار می‌کند، اما او را می‌گیرند و به درسدن بازمی‌گردانند تا زیر مراقبت کامل به تجربیاتش ادامه دهد. شاهزادهٔ ساکس از دانشمندی به نام اهرنفرید فون تشیرنهاوس[۳۳] می‌خواهد که کارهای بوتگر را سرپرستی کند. تشیرنهاوس، ریاضیدان، فیزیکدان و شیمیدان بود و با دانشمندانی چون هویگنز و لایب نیتس مکاتبه داشت و عضو خارجی آکادمی علوم پاریس بود. او آیینه‌های حرارتیی ساخته بود که با آنها می‌توانست مواد مختلف را ذوب کند. اما از مدتها پیش آرزویش این بود که راز چینی آلات چینی را کشف کند، ولی هیچ توفیقی نیافته بود. او به امکانات تبدّل عناصر باور نداشت، اما بوتگر را شخص پراستعدادی یافته بود. البته تجربیات بوتگر هم درکیمیاگری بی‌نتیجه بود. تا اینکه کیمیاگر جوان، درمانده از ضرب الاجلهای اگوست لوفور و به توصیهٔ تشیرنهاوس، در ژوئن ۱۷۰۹ پیشنهاد کرد که به جای طلا، چینی آلات بسازد که در آن عصر کالایی گرانبها و پرخواستار بود. پس او را در قصر آلبرختسبورگ[۳۴] در میسن[۳۵] زندانی کردند و چندین کوره در اختیارش گذاشتند. از ترس آنکه مبادا به دست سپاهیان سوئدی بیفتد که شهر ساکس را تهدید می‌کردند، بوتگر را از قصری به قصر دیگر می‌بردند، تا سرانجام او را در قلعه‌ای برج و بارودار

---

30. Wittenberg 31. August le Fort 32. Dresden

33. Ehrenfried W. von Tschirnhaus 34. Albrechtsbrg 35. Meissen

درشهر درسدن حبس کردند. یکی از دستیارانش چنین نوشته است: «با ما مثل چهارپایان رفتار می کردند». تجربیات بوتگر ادامه داشت، پس از آنکه ابتدا موفق به ساختن یشم چینی شد در ژانویهٔ ۱۷۰۸ در پایان پخت، چینیهای سه کوره از هفت کوره، سفید و شفاف درآمد. اندك زمانی پس از آن بود که بوتگر گزارشی دربارهٔ این صنعت به شاهزادهٔ ساکس تسلیم کرد.

در همان سال در شهر درسدن یك کارگاه چینی سازی تأسیس شد و دو سال بعد به میسن منتقل گردید. بوتگر به مدیریت آنجا منصوب شد. این آغاز چینیهای میسن معروف به چینی ساکس محصول اولین کارخانهٔ چینی سازی در اروپا بود. بوتگر در ساکس، که از لحاظ کانیهای طبیعی سرزمینی بسیار غنی است، معدن کائولن هم پیدا کرد. درسال ۱۷۱۴ اگوست لوفور بوتگر را آزاد کرد و او پنج سال بعد درسن ۳۷ سالگی مرد.

در همان سال، در وین، امپراتور شارل ششم که صنعگران میسن را وادار به ترك حرفه کرده بود، در اتریش کارخانهٔ چینی سازی به راه انداخت. از آنجا راز آن به ونیز، برلین و استراسبورگ درز کرد و از این شهر به ونسن[۳۶] و سِوْر[۳۷] رسید که این دو شهر امروز هم از مراکز عمدهٔ چینی سازی فرانسه به‌شمار می آیند.

«پرتوهای معلق در تاریکی برای ما همیشه دلیل تازه‌ای برای هیجان و شیفتگی بوده‌اند»

داستان موانع بر سر راه اکتشاف، گاهی تکراری به نظر می رسد؛ همان طور که شما با شنیدن روایت مشکلاتی که دو دانشمند، در کمتر از یکصد سال قبل با آنها روبه‌رو بوده‌اند، ممکن است چنین احساسی داشته باشید.

در ۱۸۹۱، از لهستان، دختر جوانی به نام ماریا سکلودوفسکا[۳۸]، برای ادامهٔ تحصیلات عالی در علوم به پاریس آمد. او از دانشگاه سوربون برای اخذ دانشنامهٔ

---

36. vincennes 37. Sevres 38. Marya Skłodowska

لیسانس که با نتیجه‌ای درخشان به پایان رساند مقرری مختصری دریافت می کرد. دوستانی اورا به پی یر کوری معرفی کردند، فیزیکدانی که به خاطر تحقیقاتش در تقارن و مغناطیس، شهرتی به هم زده بود. آنان، که هردو عاشق تحقیقند، چندی بعد تصمیم می گیرند با هم ازدواج کنند.

با کمك پی یر، ماری موضوعی برای تزدکتری در علوم فیزیکی انتخاب کرد. پدیدهٔ پرتوزاییِ خود به خودِ عنصر اورانیوم، که یك سال پیشتر هانری بکرل در «موزهٔ تاریخ طبیعی» پاریس کشف کرده بود، مورد توجه پی یر کوری هم بود. اورانیوم فلزی است خاکستری، سخت، با چگالی سنگین، آخرین عنصر در طبقه‌بندی عناصر شیمیایی مندلیف.

این موضوعِ کاملا جدید، ماری کوری را شیفته می کند؛ یادداشتهای بکرل، تنها اثر مکتوب دربارهٔ این موضوع بود. اومانده بود که کجا این تحقیق را شروع کند. پی یر کوری در «مدرسهٔ فیزیك و شیمی صنعتی شهر پاریس» دبیر بود؛ از مدیرمدرسه می پرسد آیا همسرش می تواند از کارگاهی که در طبقهٔ همکف واقع شده و تا آن وقت از آنجا به عنوان انبار و دپوی ماشین‌آلات استفاده می شد، استفاده کند. با انجام تحقیقات ماری کوری در آنجا موافقت می شود؛ اومی خواهد بداند عناصر دیگری جز اورانیوم هم تشعشع می کنند؛ خاصیتی که بعداً آن را رادیواکتیویته می نامد. ماری برای اندازه‌گیری دقیق از یك اتاق یونش همراه با یك الکترومتر و یك کوارتز پیزوالکتریکی[۳۹] استفاده می کند، روشی که پی یر کوری و برادرش ژاك آن را ابداع کرده بودند. پس از آنکه نشان می دهد پرتو گسیل شده خاصیت اتمی عنصر اورانیوم است و یك عنصر سنگین دیگر، توریوم نیز رادیواکتیو است، ماری متوجه می شود که میزان رادیواکتیو اورانیوم ناخالص بیشتر از اورانیوم خالص است. از آن نتیجه می گیرد که این کانه‌ها مقدار کمی از عناصری که فوق العاده رادیواکتیو هستند و هنوز شناخته نشده‌اند، دربر دارند. نتایج این تحقیقات به قدری جالب بود که پی یر کوری تحقیقات دردست اجرایش را به خاطر همکاری با زنش، رها می کند.

این، آغاز یك کار عظیم است. آنها سعی می کنند در یك کانی اکسید اوران، پچبلند[۴۰] را که مادهٔ شیمیایی ناشناخته‌ای بود و می شد تابش آن را ردگیری کرد، جدا

---

۳۹. Piezoelectricity تأثیر متقابل برق و تغییر شکل مکانیکی.

40. pechblende

کنند. بدین ترتیب بود که پی یر و ماری کوری در ۱۸۹۸ دو عنصر شیمیایی جدید کشف کردند: در ژوئیه، پلونیوم و در دسامبر، رادیوم را. اما کار به همین جا خاتمه نمی یافت؛ آنان می باید وجود مادی آنها را به شیمیدانان اثبات می کردند، و برای این کار لازم بود نمك رادیوم به حالت خالص را تهیه کنند و جرم اتمی آن را اندازه بگیرند. به مقدار فراوانی مواد کانی نیاز داشتند. به لطف آکادمی علوم وین، زوج جوان دانشمند موفق شدند تهمانده‌های استخراج اورانیوم از معدن پچبلند سنت ـ یوآخیم ستال[41] در ایالت بوهم را دریافت کنند. نخستین محموله به وزن ۲/۵ تن که با گاری حمل می شد به حیاط «مدرسهٔ فیزیك و شیمی» رسید. باید روی این همه مواد کانی، عملیات شیمیایی صورت می گرفت. برای تأمین هزینه‌های تجزیهٔ شیمیایی، پی یر و ماری کوری باید از منابع مالی خودشان خرج می کردند. در تمام این مدت ماری و پی یر کوری نه مقرّری داشتند و نه حقوقی.

کتابی را که ماری کوری به شوهرش تقدیم کرده است بازکنیم. او تعریف می کند: «یك مشکل حاد برای ما، مشکل جا بود؛ نمی دانستیم عملیات شیمیایی را در کجا انجام بدهیم. لازم شد ما این عملیات را در یك انبار متروك، سازمان بدهیم که با یك حیاط از آزمایشگاه الکترومتری ما جدا شده بود. اینجا انباری بود با دیوارهای تخته‌ای، کف قیر اندود و سقف شیشه‌ای، بی حفاظ در برابر باران، بدون هیچ گونه تجهیزات؛ اسباب و اثاثش منحصر بود به یك میز فرسوده از چوب صنوبر، یك بخاری چدنی که گرمایش برای آن فضا اصلا کافی نبود و یك تختهٔ سیاه که پی یر کوری دوست داشت دَم به دَم از آن استفاده کند. اینجا هودی که گازهای سمی ناشی از عملیات شیمیایی را به خارج هدایت کند وجود نداشت. ناچار بودیم عملیات را وقتی هوا اجازه می داد توی حیاط انجام دهیم، در غیر این صورت، اگر در داخل و زیر سقف انجام می دادیم، باید پنجره‌ها را بازبگذاریم. در این آزمایشگاههای سرهم بندی شده ما مدت دوسال تقریباً بدون دریافت هیچ گونه کمکی کار کردیم؛ ما مشترکاً، هم کارهای تجزیهٔ شیمیایی را انجام می دادیم و هم مطالعه فیزیکی تابش محصولات بیش از پیش اکتیوی را که به دست می آوردیم. آنگاه لازم شد که وظایفمان را تفکیك کنیم؛ پی یر تحقیقاتش را روی خواص رادیوم ادامه می داد، و من کارهای تجزیهٔ شیمیایی برای تهیهٔ نمکهای رادیوم

---

41. Saint-Joachimsthal

خالص رادنبال می کردم. مجبور می شدم تا بیست کیلوگرم مواد کانی را در یك وهله تجزیه کنم، برای این کار لازم بود مخزن دیگهای بزرگ انباشته ازرسوبات ومایعات را پر کنم؛ جابه‌جا کردن این دیگها، ظرف به ظرف کردن مایعات، هم‌زدن موادِ در حال غلیانِ درون حوضچه‌ای چدنی، با یك میلهٔ آهنی، طی ساعتها و ساعتها، واقعاً کار طاقت‌فرسایی است»

ماری کوری چیزی دربارهٔ خطرات تابشهای این ماده رادیواکتیو نمی گوید. به‌واقع، آن وقت هنوز این خطرات شناخته نشده بود. یك گرم رادیوم تخمیناً ۳,۰۰۰,۰۰۰ بار بیشتر از یك گرم اورانیوم پرتو گسیل می کند.

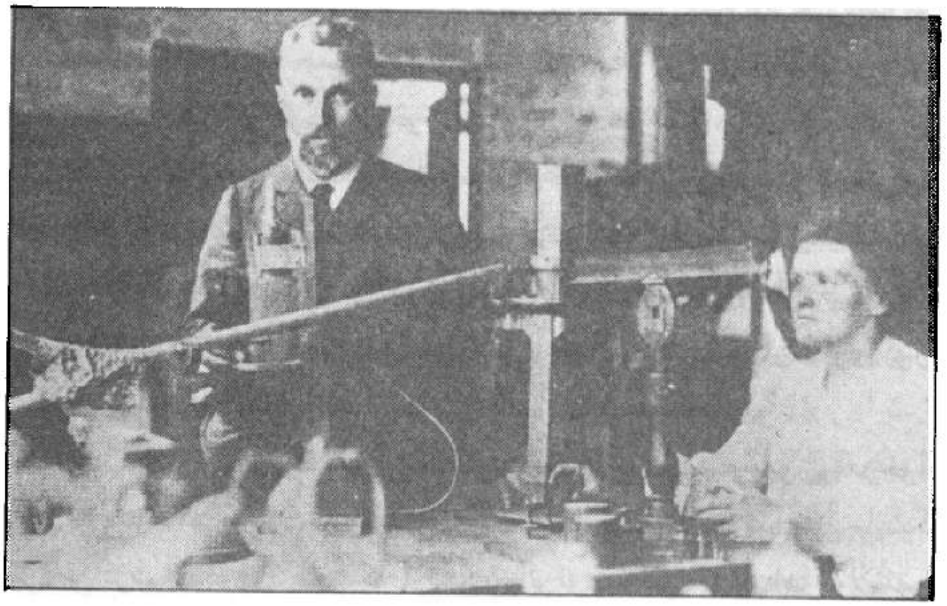
در ژوئن ۱۹۰۳، ماری کوری از تز دکترای دولتی خود تحت عنوان: «*تحقیقات روی عناصر رادیواکتیو*» دفاع کرد. دردسامبر همان سال، پی یر وماری کوری همراه با هانری بکرل، جایزه نوبل فیزیك را دریافت کردند.

محصولات عملیات شیمیایی با میزان بالای رادیوم خودبه‌خود نورانی بود. ماری کوری در این باره می نویسد: «پی یر کوری که امید داشت آنها را در رنگهای زیبایی ببیند، تصدیق کرد که این ویژگی غیرمنتظره بیش از آنچه که انتظار داشت اورا راضی می کند... درمحل کار فقیرانهٔ ما آرامش برقرار بود؛ گاهی اوقات ضمن زیر نظر گرفتن پاره‌ای از عملیات، درطول وعرض آنجا قدم می زدیم واز کارهای حال وآینده صحبت می کردیم؛ وقتی خیلی سردمان می شد، نوشیدن یك فنجان چای داغ کنار بخاری برای ما نشاط آور بود. مادراین ایام انگار که دررؤیا می زیستیم. گاه لازم می شد پس ازصرف شام برگردیم ونگاهی به 'مزرعهٔ' خود بیندازیم. محصولات گرانبهای ما که جای امنی برایشان نداشتیم، روی میزها وکف زمین، اینجاو آنجا چیده شده بود، نور کمرنگی که از آنها ساطع می شد و این پرتوهایی که به نظر می رسید در تاریکی معلقند، برای ما همیشه دلیل تازه‌ای برای هیجان و شیفتگی بودند».

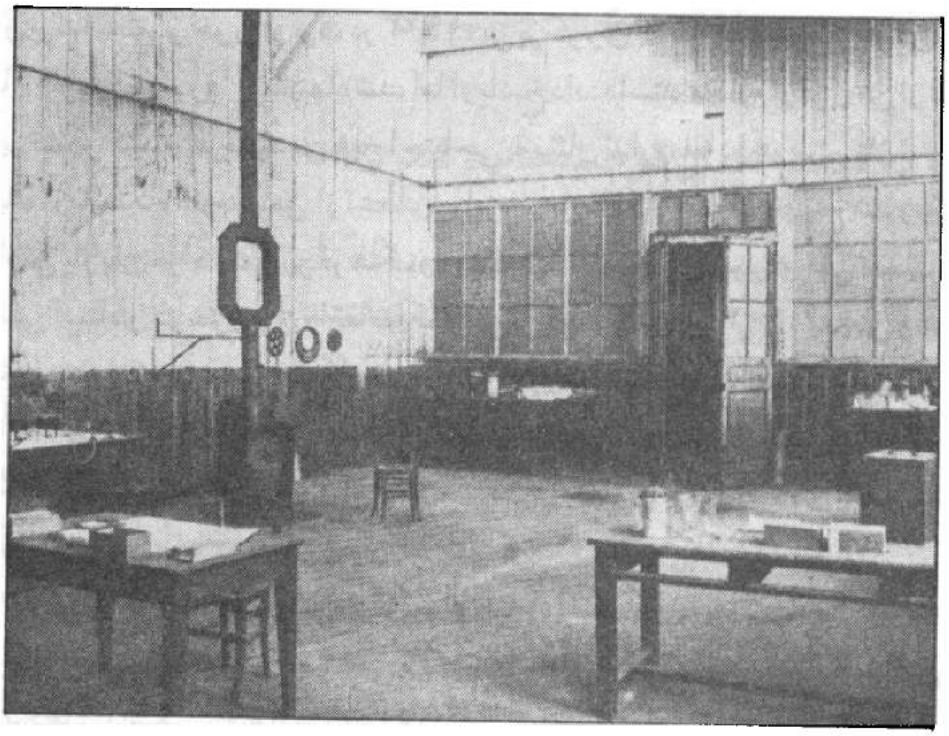
زوج دانشمند می باید بی وقفه بادومشکل، دست وپنجه نرم می کردند: ناکافی بودن منابع مالی، که با تولد اولین دخترشان، اِیرن[۴۲]، مشکل تر هم شده بود، و نداشتن آزمایشگاهی درست وحسابی تا بتوانند به تحقیقاتشان، که توجه دانشمندان خارجی را جلب کرده بود، ادامه دهند.

---

42. Irène



پی‌یر و ماری کوری در برابر دستگاه اندازه‌گیری رادیواکتیویته (۱۸۹۸).



انبار کوچهٔ لوموند که پی‌یر و ماری کوری عملیات جداسازی شیمیایی را در آنجا انجام می‌دادند.

پی یر کوری که نه از «دانشسرای عالی» فارغ التحصیل شده بود نه از «مدرسهٔ پلی تکنیك»، نمی توانست از حمایت غالباً مؤثری که این دو «مدرسهٔ عالی» از فارغ التحصیلان خود می کردند برخوردار گردد. در آغاز سال ۱۸۹۸ داوطلب کرسی استادی شیمی و فیزیك در دانشکده علوم شد که خالی مانده بود، اما تقاضایش رد شد؛ در سال ۱۹۰۰ آماده می شد که به ژنو عزیمت کند، اما هانری پوانکاره[۴۳] برای او در دانشگاه، وظیفهٔ تدریس در سال اول دورهٔ لیسانس فیزیك و شیمی و علوم طبیعی دست و پا کرد، که با تدریسش در «مدرسهٔ فیزیك و شیمی» جمع می شد. همزمان، ماری کوری به عنوان مدرس در «دانشسرای عالی دختران سِوْر»، استخدام شد.

در ۱۹۰۲، پی یر کوری تصمیم گرفت کرسی معدن شناسی سوربون را درخواست کند. این بار هم تقاضایش رد شد. داشتن کرسی دانشگاهی، دسترسی به آزمایشگاه را تسهیل می کرد. یادآوری کنیم که ارنست راترفورد، فیزیکدان اهل زلاندنو، که تحقیقات زوج کوری برایش مرجع بود، از همان سال ۱۸۹۸ در مونترال از آزمایشگاهی وسیع و فوق العاده مجهز که هیچ سنخیّتی با امکانات محقر پی یر و ماری کوری نداشت، برخوردار بود. در ۱۹۰۳، پی یر کوری که ۴۴ ساله بود برای دریافت نشان «لژیون دونور»[۴۴] پیشنهاد شد، اما او پاسخ داد: «استدعا دارم از قول من از آقای وزیر تشکر کنید و بفرمایید من هیچ احتیاجی به نشان ندارم، اما در عوض، نیاز شدیدی به یك آزمایشگاه دارم». پس از اعطای جایزهٔ نوبل، افکار عمومی تهییج شد و رئیس آکادمی پاریس موافقت وزیر فرهنگ را جلب کرد تا از مجلس شورای ملی تأسیس یك کرسی استادی در سوربون را تقاضا کند. پی یر کوری در پاییز ۱۹۰۴ به عنوان استاد رسمی منصوب شد. مدیریت کارهای عملی او به همسرش واگذار شد. متأسفانه، ۱۸ ماه بعد، پی یر کوری در حال عبور از خیابان دوفین[۴۵] بر اثر تصادف با یك کامیون درگذشت. ماری کوری به جای او ابتدا به سمت دانشیاری سپس استادی منصوب شد. او نخستین زنی بود که درسوربون تدریس کرد.

ماری کوری اقدامات مصرانه‌ای برای ایجاد انستیتو تحقیقات رادیواکتیویته، که بیش از پیش دامنه‌اش وسعت می یافت، به عمل آورد. دراین ایام رادیواکتیویته کاربردهای پزشکی یافته بود، روش «کوریتراپی»، یعنی استفاده از تابشهای رادیوم و

---

43. Henri Poincaré 44. Légion d'honneur 45. Dauphine

عناصر ناشی از آن برای معالجات برخی از بیماریهای سرطانی، عمومیت پیدا می کرد.

سرانجام در ۱۹۰۹، دانشگاه پاریس و انستیتو پاستور تصمیم می گیرند مشترکاً «انستیو رادیوم» را تأسیس کنند، که از دو ساختمان رودر رو تشکیل می شد: یکی مخصوص فیزیك و شیمی که ماری کوری اداره می کرد، دیگری مخصوص زیست شناسی، که ادارهٔ آن برعهدهٔ کلودیوس ریگو[۴۶] سرطان شناس بود. با وصف این، هنوز پایان مرارتها نبود. روابط ماری کوری با فیزیکدان پُل لانژون[۴۷] در این ایام مایهٔ رسوایی بزرگی شد، که ماری قربانی آن بود. جامعه مردسالار و بیگانه گریز فرانسه که نمی توانست زن بیگانه‌ای را در بالاترین مقام علمی تحمل کند، تبلیغات مطبوعاتی بی امانی علیه او به‌راه انداخت که آغاز بنای آزمایشگاه جدید را تا ۱۹۱۲ به تأخیر انداخت. در این فاصله، در دسامبر ۱۹۱۱، دومین جایزهٔ نوبل شیمی به ماری کوری اعطا شد. انستیتو رادیوم، سرانجام پس از خاتمهٔ جنگ جهانی اول (۱۹۱۴ـ۱۹۱۸) کارش را شروع کرد. باری، تحقیقات علمی در این زمان در فرانسه به سختی از نداشتن سازمان و امکانات در رنج بود.

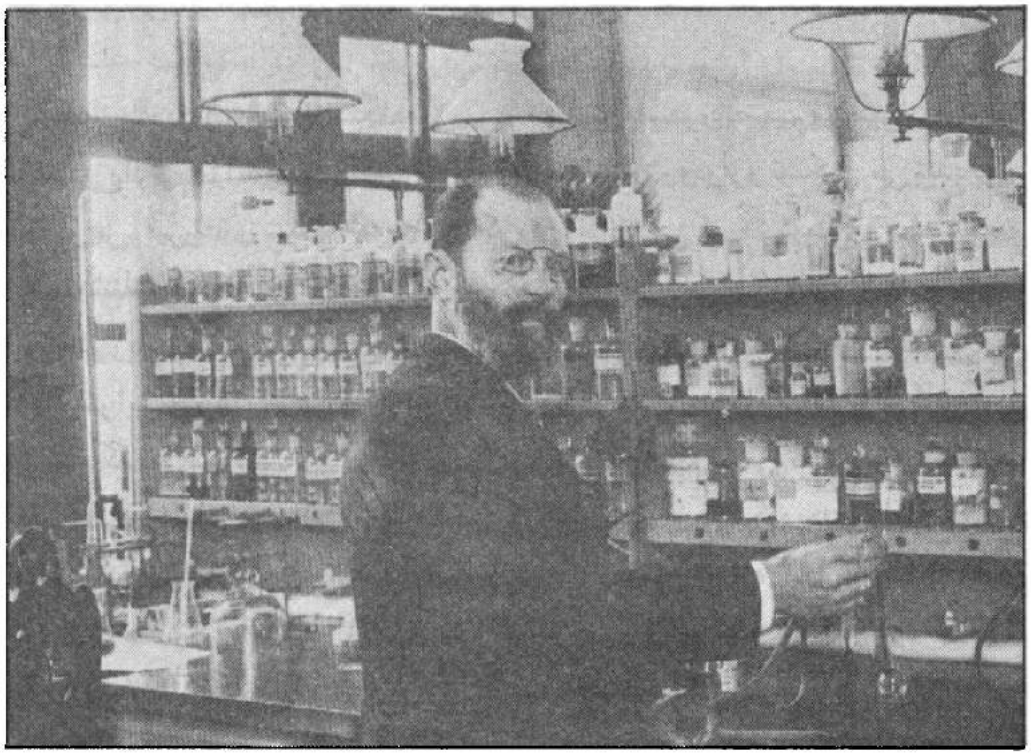
کجا به قیصر آلمان توصیه‌هایی شد

چند سال به عقب بازگردیم و به آن سوی رودخانهٔ راین قدم بگذاریم، که آنجا نیز پژوهشگران در آغاز، سرنوشتی بهتر از فرانسه نداشتند. شما خواهید دید که ایجاد ساختارهای نوین پژوهش در دو کشور همسایه مسیرهای متفاوتی خواهند پیمود، و در ژانویهٔ ۱۹۱۱ در آلمان، نخستین سازمان چند رشته‌ای تحقیقات جدید ایجاد خواهد شد.

این عملیات با مشکلی برخورد نکرد. پادشاه پروس و امپراتور آلمان گیوم دوم[۴۸]، مردی باهوش ولی مغرور و اقتدارطلب بود. دلمشغولی او، مقام آلمان در میان کشورهای دنیا بود و آرزو داشت که آلمان کشور اول دنیا باشد. بازار ناسیونالیسم در آن ایام چه در آلمان و چه در سایر کشورهای بزرگ اروپایی داغ بود. در برلین گفت وگوها

---

46. Claudius Regaud 47. Paul Langevin 48. Guillaume II



شیمیدان، امیل فیشر در آزمایشگاه

پیرامون نقش ارتش توسعه ناوگان دریایی، بسط سیاست استعماری، بحران بوسنی[۴۹] و اتحاد میان قدرتهای بزرگ، دور می زد.

در ۱۹۰۸، مِلك بسیار وسیعی در داهلم[۵۰] نزدیك برلین در مالکیت دولت قرار گرفت وچندتن از کارمندان عالیرتبهٔ دولت پروس که فکر وذکر شان توسعهٔ علمی وفنی آلمان بود آرزو داشتند که در این ملك وسیع زمینهایی برای بنای مؤسسات تحقیقاتی اختصاص یابد. یکی از این کارمندان عالیرتبه فردریش اشمیت ـ اُت[۵۱] موفق شد استاددانشگاه، ادولف هارناك[۵۲] را به موضوع علاقه‌مند کند. هارناك یك تاریخدان ودر مسائل صدر مسیحیت متخصّص بود، تحقیقات او دربارهٔ منشأ مسیحیت در اوایل این قرن انعکاس گسترده‌ای داشت. گذشته از این، مردی بود با دیدگاهی وسیع و با تدبیر. اشمیت ـ اُت به قیصر گیوم دوم پیشنهاد کرد از هارناك بخواهد گزارشی درباره نحوهٔ

---

49. Bosni 50. Dahlem 51. Friedrich Schmidt-Ott 52. Adolf Harnack

استفاده ازملك داهلم وتوسعهٔ علوم در آلمان برایش تهیه کند. هارناك برای تهیه گزارش خود با سرشناس ترین دانشمندان وقت آلمان به رایزنی پرداخت، از جمله آنها شیمیدان امیل فیشر[۵۳] بود، که به خاطر تحقیقاتش در ترکیبات قندی جایزهٔ نوبل در شیمی سال ۱۹۰۲ به او اعطا شده بود، دیگری اگوست واسرمان[۵۴]، پزشکی که کشف واکنش خون شناختی تشخیص بیماری سیفلیس را مدیون اوهستیم، والتر نرنست[۵۵]، بنیانگذار شیمی-فیزیك مدرن و پل اهرلیخ[۵۶] یکی ازپایه‌گذاران ایمونولوژی و شیمی درمانی که همان سال برندهٔ جایزهٔ نوبل پزشکی شده بود، نیز با ایشان همکاری داشتند.

گزارشی که هارناك در روز ۲۱ نوامبر ۱۹۰۹ تسلیم امپراتور کرد، ازدیدگاههای گوناگون جالب توجه است. هارناك برای آنکه پیامش مؤثر واقع شود، غیرت وطن خواهی امپراتور را تحریك می کند: علم آلمان دیگر مقام اول را در دنیا ندارد؛ در چند رشتهٔ مهم علوم طبیعی نسبت به کشورها دیگر عقب مانده است. «باری خوب می دانیم که داشتن مقام اول در قلمرو علوم طبیعی فقط ارزش ایدئولوژیکی ندارد، بلکه صرف نظر ازارزش اقتصادیش، ارزش عالی ملی و سیاسی دارد... ازهم اکنون برخی از محافل نسبت به آن آگاهی دارند، ازهم اکنون مطبوعات، جسته و گریخته به آن اشاره می کنند، از هم اکنون مقاله‌هایی با عنوان «علم آلمان در خسوف» منتشر می شود، بالاخره ازهم اکنون پژوهشگرانِ پابه‌سن گذاشتهٔ آلمان خیالشان آسوده است که سنشان آنان را ازاین تکلیف معاف می دارد که مواظب آینده باشند ودررقابت علمی با سلاحی نابرابر شرکت جویند». آنگاه هارناك ازتأسیس انستیتوهای جدید و بنیادهای علمی در کشورهای بیگانه داد سخن می دهد... در انگلستان، در سوئد، در ایالات متحدهٔ امریکا، و از انستیتو اوسوالدو کروز[۵۷] در ریودوژانیرو[۵۸]، همچنین از انستیتو پاستورِ بسیارمعتبر درپاریس، درلیل، وحتی دربرخی ازمستعمره‌های فرانسه. «توان دفاعی وعلمی، دورکن اصلی عظمت آلمان است ودولت پروس به حکم گذشتهٔ پرافتخارش موظف است به صیانت از این هردو اهتمام ورزد.»

با وصف این، ضمن مرور این ملاحظات، هارناك با لحنی کاملا نوین به استدلال

---

53. Emil Fischer 54. Auguste Wassermann 55. Walther Nernst
56. Paul Ehrlich 57. Oswaldo Cruz 58. Rio de Janeiro

می پردازد؛ انتظاراتی که گنجانیده است، راه‌حلهایی که پیشنهاد می کند در مقایسه با گزارش مشابهی که در روزگار ما تهیه می شود هیچ کم و کسری ندارد. او متذکر می شود که بنیانگذار دانشگاه برلین، زبان شناس گیوم فون همبولت[۵۹] ــ برادر طبیعیدان فردریك هـ. الکساندر فون همبولت[۶۰] ــ از سال ۱۸۱۰ در فکر ایجاد مؤسسات تحقیقاتی مستقل در کنار آکادمیها و دانشگاهها بوده است. «رابطهٔ پر بار پژوهش و آموزش، اگر نخواهیم که پژوهش متحمل خسران گردد، مؤسسات مکمل را ایجاب می کند، زیرا در دانشگاهها نیازهای آموزشی، همیشه اولویت خواهند داشت؛ آزمایشگاهها و مؤسسات دانشگاهی در وهلهٔ اول در خدمت دانشگاهها خواهند بود و قسمت عمدهٔ وقت استادان همیشه صرف دانشگاهها خواهد شد.» هارناك خاطر نشان می سازد که حتی در عصر همبولت نیز کارهای تحقیقاتی وجود داشته است که اگر پژوهشگر از کمك جامعهٔ دانشمندان برخوردار نمی شد تا بتواند چند سال منحصراً وقتش را صرف آن کند، کارها به انجام نمی رسیدند؛ و اضافه می کند، تحقیقاتی هم وجود دارد که در مراحل مقدماتی هستند و به سبب خام بودن هنوز نمی توان از آنها در آموزش استفاده کرد.

هارناك پیشنهاد می کند هرچه زودتر مجتمعی از مؤسسات تحقیقاتی از نوعی که همبولت توصیه کرده است ایجاد شود: «ما به مؤسسات تحقیقاتی نیازداریم؛ نه به یك مؤسسه، بلکه به چند مؤسسه که طبق طرح جامعی در درون «جامعهٔ کایزرویلهلم برای علوم طبیعت» جمع شده باشند. اگر اراده وجود داشته باشد، وسایل تحقق آن هم پیدا خواهد شد.» او پیشنهاد می کند، ابتدا یك مؤسسهٔ بزرگ شیمی ایجاد شود، سپس یك مؤسسهٔ زیست‌شناسی و یك مؤسسهٔ فیزك. علوم طبیعت باید در رأس قرار گیرد، اما از علوم انسانی هم نباید غفلت شود. هریك، از مؤسسه‌ها در ابتدای کار نباید خیلی تخصصی باشد، شخصیت دانشمندی که آن را اداره می کند خط مشی مؤسسه را تعیین خواهد کرد. در هریك از این مؤسسه‌ها باید بتوان تحقیقات گوناگون در چند رشته انجام داد: «اگر آنها را خیلی تخصصی بکنیم ممکن است خیلی زود به بن بست برسیم. زیرا در علوم هم ممکن است در یك زمینه، موضوعهای تحقیقاتی به سرعت ته بکشد و دوباره از سر گرفتن تحقیقات در آن زمینه تا چند دهه میسّر نباشد. مدیر یك مؤسسهٔ تحقیقاتی

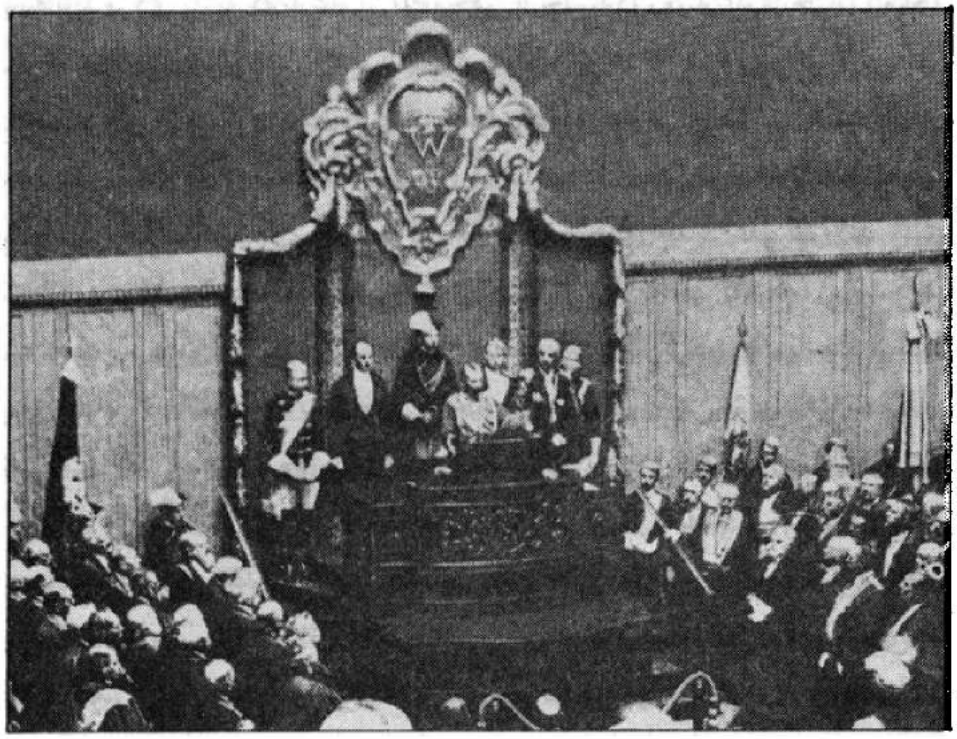
---

59. Guillaume von Humboldt 60. Friedrich H. Alexander von Humboldt

همیشه باید مردی باشد که به عنوان یك محقق برجسته در زمینهٔ علوم تجربی امتحانش راداده است. جزمدیر وشمار اندکی دستیار که او برای مدتی کم وبیش طولانی انتخاب می کند، در این مؤسسه هیچ کس نباید عنوان محقق دائمی را داشته باشد، بلکه باید تعدادزیادی محل را به دانشمندان جوان اختصاص داد. بدین ترتیب مؤسسهٔ تحقیقاتی همیشه قادر خواهد بود که روی مسائل جدید و نیازهای جدید علم کار کند. استادان دانشگاه نیز، وقتی که مطالعات تجربیشان تحقیقاتی را ایجاب کند که آزمایشگاههای دانشگاهی پاسخگوی آنها نباشند، باید بتوانند برای کارکردن، یك یا چند نیمسال به این مؤسسات تحقیقاتی بیایند. خیلی به‌جا خواهد بود که این مؤسسات تحقیقاتی از اعتبارهای مالی مهم برخوردارباشند تا بتوانند مواد یا فراورده‌های علمی را دراختیارآزمایشگاههای دیگر بگذارند و از این طریق از تحقیقاتی هم که در بیرون از خود مؤسسات صورت می گیرد، حمایت کنند» این مؤسسات تحقیقاتی، علاوه بر مدیران اختصاصی باید به شوراهای علمی که کارشان رسیدگی به امر علمی است، مجهز باشند. آکادمی علوم ودانشگاه برلین بایددر این مؤسسات وزنه‌ای باشند. برای شروع کار، بهتر است مؤسساتی از این نوع در داهلم ایجاد شود.

هارناك به امپراتور توصیه می کند که با استفاده ازمناسبت جشن پنجاهمین سال تأسیس دانشگاه، تأسیس این مؤسسات و «جامعهٔ امپراتور گیوم» که آنها را جمع می کند و امپراتور حامیشان می شود، اعلام کند. هارناك پیشنهاد می کند که این «جامعهٔ» جدید به صورت سازمانی مستقل تشکیل گردد که منابع مالی آن، هم ازسوی دولت وهم ازمحل بخششهای عمدهٔ خصوصی تأمین شود. ادارهٔ این «جامعه» با هیئت امنایی خواهد بود مرکب از مردان نیکوکار حامی علم و ادب، چند نفر دانشمند که امپراتور منصوب خواهد کرد و نمایندگان وزارت آموزش که قسمتی از بودجهٔ این مؤسسات را تأمین می کند. هارناك می افزاید که بهتر است نمایندگان دولت درمؤسسات ازدانشمندان امین باشند تا بتوانند جلو خطر رشد یك بُعدی آنهارابگیرند. همچنین بر منبع مالی مضاعف این مؤسسات تأکید می کند: آنچه ازدولت برمی آید این است که نگذارد این مؤسسات به سرمایهٔ خصوصی وابستگی پیدا کنند، آنچه ازمحل بخششهای خصوصی برمی آید این است که نگذارد این مؤسسات بازیچهٔ فرقه گرایی یا ملعبهٔ سیاست روز شوند.

امپراتور با شور و شوق، توصیه‌های هارناك را می پذیرد ودرجشن پنجاهمین سال



مراسم نطق امپراتور آلمان که به مناسبت پنجاهمین سال تأسس دانشگاه برلین، تأسیس «جامعهٔ کایزر ویلهلم برای توسعهٔ علوم» را اعلام می کند (۱۱ اکتبر ۱۹۱۰).

امپراتور آلمان در اکتبر ۱۹۱۲ مؤسسهٔ شیمی کایزر ویلهلم را افتتاح می کند، پشت سر با کلاه سیلندر، فون هارناك و امیل فیشر.

تأسیس دانشگاه برلین، روز ۱۱ اکتبر ۱۹۱۰، در حضور جمع، خبر تأسیس «جامعهٔ کایزر ویلهلم برای توسعهٔ علوم» را اعلام می کند. همچنین خاطر نشان می سازد که تا این لحظه بالغ بر ۹ تا ۱۰ میلیون مارك بخشش خصوصی جمع آوری شده است. اولین رئیس «جامعه» از ۱۹۱۱ تا ۱۹۳۰، پروفسور فون هارناك بود، با دو معاون: یکی صاحب صنعت، گوستاو کروپ فون بوهلن اوند هالباخ[۶۱]، دیگری بانکدار، لودویك دلبروك[۶۲]. از جمله دانشمندان عضو اولین هیئت امنا می توان از امیل فیشر، پُل اهرلیخ ویاکوبوس وانت هوف[۶۳]، یکی از پایه گذاران استرئو شیمی[۶۴] یا شیمی فضایی نام برد. امپراتور را اجازه داد که پرچم امپراتوری مزیّن به نشان عقاب بر سر در «جامعه» در اهتزاز باشد.

نخستین مؤسسه از این مجموعه، مؤسسهٔ شیمی بود که در اکتبر ۱۹۱۲ افتتاح شد. ارنست اوتو بکمان[۶۵] مدیر آنجا شد، همکارانش اوتو هان[۶۶] و لیزه میتنر[۶۷] بودند. دومین مؤسسه، شیمی ـ فیزیك و الکتروشیمی به مدیریت فریتز هابر[۶۸] بود؛ بالاخره، مؤسسهٔ درمان تجربی، که بعداً به مؤسسهٔ بیوشیمی تغییر نام یافت، در ۱۹۱۳ ایجاد شد. قبل و بعد از جنگ جهانی اول تعداد زیادی مؤسسهٔ تحقیقاتی ایجاد شد. در ۱۹۱۸ جامعهٔ کایزر ویلهلم حامیش را از دست داد، اما با همان نام به فعالیتش ادامه داد. بر اثر بحران اقتصادی، منابع مالی مؤسسات که از محل عطایای صنایع تأمین می شد کاهش یافت، اما دولت جای خالی را پر کرد. پس از سالهای سیاه نازیسم و شکست آلمان در جنگ جهانی دوم (۱۹۴۵)، نام جامعهٔ کایزر ویلهلم به درخواست متفقین تغییر کرد و در ۱۹۴۸ به ریاست اوتو هان، «جامعهٔ ماکس پلانك» نامیده شد که هنوز هم به همین نام است.

---

61. Gustav Krupp von Bohlen und Halbach 62. Ludwing Delbruck
63. Jacobus van t'Hoff

۶۴. stéréochimie شاخه‌ای از علم شیمی است که در آن از نظم فضایی اتمهای سازای مولکول مواد بحث می شود. ـــم.

65. Ernst Otto Beckmann
66. Otto Hahn 67. Lise Meitner 68. Fritz Haber

از پشیز آزمایشگاه تا پیشهٔ پژوهشگر

در فرانسه فکر سازمان بزرگ تحقیق به کُندی و گاه به دشواری پیش رفته است. در اوایل دههٔ ۱۹۲۰ چند نهاد معتبر در فرانسه وجود داشت، کُلژ دو فرانس را فرانسوای اول در عصر رنسانس با صورت سازمانی متفاوت از دانشگاه، بنیان نهاده بود. انستیتو پاستور، با امکانات تحقیقاتی مستقلش از سال ۱۸۸۸ به تقاضای لوئی پاستور ایجاد شده بود. داستان انستیتو رادیوم را هم شنیدید، که در ژوئیهٔ ۱۹۱۴ آمادهٔ کار بود، اما جنگ، کارهای تحقیقاتی را متوقف کرد. فرانسه در جرگهٔ پیروزمندان جنگ ۱۹۱۴ـ۱۹۱۸ بود، اما چه پیروزی که خونی در رگهایش نمانده بود. از دوره‌های کامل دانشجویان مدارس عالی علمی که به جبهه اعزام شده بودند، گاه یك تن هم به سلامت برنگشته بود. تحقیق در فرانسه با موانع متعددی روبه‌رو بود: از دست دادن نخبگان جوان، ساختارهای فرسودهٔ سازمانهای علمی و تحقیقاتی، تمرکزگرایی فلج کننده، بینشی ناجور با پیشرفتهای علم فیزیك که پاره‌ای از اکتشافات جدید، مثل نسبیّت و مکانیك کوانتومی را هنوز نپذیرفته بود. پل لانژون، دنیایی رنج به جان خرید تا توانست آلبرت اینشتین را که آن وقت استاد دانشگاه برلین بود در ۱۹۲۲ برای ایراد سخنرانی به پاریس دعوت کند.

در روزنامهٔ «لوماتن»[۶۹] ۲۱ فوریه ۱۹۲۱، رئیس آکادمی پاریس، پل آپل[۷۰]، اعلام خطر می کند: «در هر زمینه‌ای کمبود داریم، اعتبارات، محل، زمین... اعتباری که دولت دراختیار دانشگاهها می گذارد یك دینار افزایش نیافته است. دولت در ۱۹۱۴ مبلغ ۸۶۷۸۸۲ فرانك به دانشگاه پاریس می‌داد، در بودجهٔ سال ۱۹۲۱ هم همین مبلغ قطعی و ناچیز ۸۶۷۸۸۲ فرانك منظور شده است. اما هزینه‌ها در این فاصله حداقل از یك تا پنج برابر افزایش یافته است... آیا دانشجویان خارجی که به دانشگاههای ما روآورده‌اند بزودی درقدم اول به سوی دانشگاههای مجهزتر سویس یا بلژیك و در مرحلهٔ بعد به دانشگاههای آلمان کشیده نمی شوند؟ زیرا آلمان کاری را می کند که ما نمی کنیم: تلاش عظیم برای سازماندهی آزمایشگاهها.» کمی پایین تر، آپل توضیح می‌دهد: «تحقیق به معنای سرمایه‌گذاری و حتی بیش از سرمایه‌گذاری است، تحقیق

---

69. Le Matin 70. paul Appell

بذر می‌پاشد تا درو کند. صرفه‌جویی در هزینهٔ تحقیق، مَثَل آن دهقانی است که در بذرپاشی صرفه‌جویی کند.»

حرفهای آپل چند گوش شنوا یافت. آکادمی علوم برای دریافت بخشش مردم در ماه مه ۱۹۲۳ روز پاستور را برگذار کرد. با سهمی که از مبلغ جمع آوری شده به فیزیك اختصاص یافت، تأمین نخستین تجهیزات بزرگ آزمایشگاهی امکان‌پذیر گردید: مرکز آهنربای الکتریکی[۷۱] آکادمی علوم که در بل‌وو[۷۲] به همّت امه کوتون[۷۳] ساخته شده است.

از طرف دیگر، در دههٔ ۱۹۲۰ در کارتیه لاتن در پاریس چندین مؤسسهٔ تحقیقاتی ایجاد شد، نظیر انستیتو شیمی-فیزیك از بودجهٔ دانشگاه پاریس و انستیتو زیست شناسی و فیزیکو شیمی از محل بخشش ادموند دور روتچیلد[۷۴]. در ولایات نیز دانشگاه استراز بورگ به چند مؤسسهٔ تحقیقاتی مجهّز می شود؛ چرا که مقامات دولتی می خواستند به این سازمان که بعد از جنگ جانشین دانشگاه آلمانی می شد، شأن و منزلت بدهند.

با وصف این، کمبود اعتبارات دولت و نبودن سازمان ملی ناظر به امور تحقیقات، بسیار محسوس بود و پیداکردن حامیان تحقیقات علمی در میان صاحبان صنایع، فوق العاده دشوار بود. یك گروه از دانشمندان پرآوازه، ژان پرن[۷۵]، پل لانژون و امیل بورل[۷۶] از زمان تحصیلشان در دانشسرای عالی به‌عنوان قهرمانان پیشرفت علمی و مدافع مساعی دولت در این راستا شناخته شده بودند. آنان، که از ماجرای دریفوس[۷۷] و از آرمان غیردینی متأثر بودند، فکر می کردند که علم انسان را آزاد می کند و توسعهٔ علمی نیروی محرك پیشرفت اجتماعی است. آنان از لحاظ سیاسی هوادار چپ بودند و روی سخنشان به نمایندگان جناح چپ پارلمان بود و می خواستند آنان را برای مداخله در امر پیشرفت علوم متقاعد سازند.

---

71. électro-aimant 72. Bellevue 73. Aimé Cotton

74. Edmond de Rothschild 75. Jean Perrin 76. Emile Borel

۷۷. ماجرای افسر یهودی فرانسوی به نام Alfred Dreyfus که ابتدا متهم به جاسوسی به نفع آلمان و محکوم شد (۱۸۹۴) بعد بیگناهیش ثابت شد و تبرئه گردید (۱۸۹۹) و سرانجام در سال ۱۹۰۶ از او اعادهٔ حیثیت شد. ــ م.

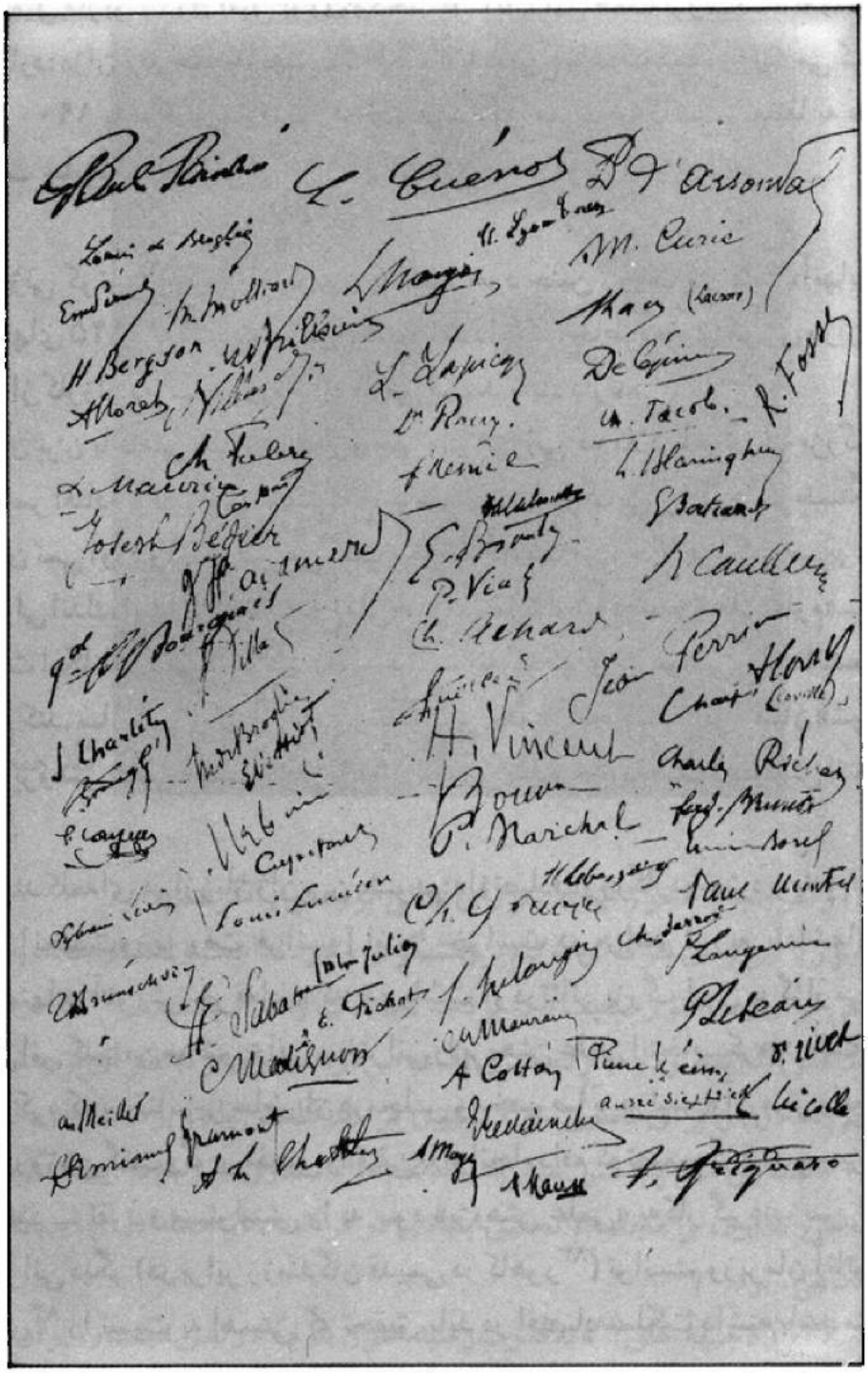
دانشمندان دیگر چون ماری کوری، امه کوتون، ژرژ اربن[۷۸] نیز به آنان پیوستند. در فرانسه حکومتهای جمهوری سوم پی در پی و به سرعت تغییر می کرد، بند و بستهای سیاسی مجال به پیشرفتهای بلند مدت نمی دادند؛ در حالی که دانشمندان فرانسوی چون همکاران آلمانیشان می دانستند که پژوهش تلاش مستمر را در چند سال یا چند دهه ایجاب می کند. آنها برای قبولاندن نظریاتشان با دشواریهای بسیار روبه‌رو بودند. این را هم اضافه کنیم که در محافل مردم تحصیلکرده، علم برخلاف نقاشی و ادبیات، غالباً به عنوان چیزی اسرارآمیز تلقی شده است . آیا هنر ابستره (انتزاعی) و سبك سوررئالیسم که تازه باب شده بود، برای عموم مردم بیشتر از مثلا نظریهٔ نسبیت یا کوانتوم قابل فهم بود؟

در انتخابات ۱۹۲۴ فرانسه، جناح چپ به قدرت رسید. پل پنلوِه[۷۹] رئیس مجلس نمایندگان شد و امیل بورل هم جزو گروه رادیکال-سوسیالیست بود. دبیر کل حزب رادیکال-سوسیالیست، ادوارد هریو[۸۰]، به نخست وزیری رسید. او زبان مردان علم را می فهمید، منتها ملاحظات اقتصادی برایش در صدر اولویتها قرار داشت. بورل به این فکر افتاد که قسمتی از مالیاتی را که بنگاههای صنعتی برای کارآموزی می پردازند به این مهم اختصاص دهد. همین است که به «پشیز آزمایشگاه» معروف شد. این توسعهٔ علمی با حکومتهایی که بر سر کار می آمدند، یا پیش می رفت یا درجا می زد. در ۱۹۳۰ شمار استادان علوم در دانشگاهها از تعدادشان در قبل از جنگ بیشتر نبود، عدّهٔ دانش آموزان دبیرستانی نیز همان بود که در ۱۸۸۸. دانشمند، زندگی فقیرانه‌ای داشت و نوعی تظاهر به فقر، ارزش به حساب می آمد.

ژان پرن بعدها توضیح داد: «اعتباری که از محل مالیات کارآموزی تأمین می شد کافی نبود. با این همه، اولین بار بود که تحقیق از یك منبع مالی منظم برخوردار می شد. اما همان طور که خود امیل بورل به طنز می گفت، اگر در کار تحقیق دوماً به ابزارها نیاز است، اولا باید مغزهایی هم وجود داشته باشد؛ درصورتی که مغزهای فارغ از شکم، چندان پیدا نمی شود.» ژان پرن، با کمك گرفتن از روابط شخصیش، به تنهایی پا به عرصهٔ کارزار گذاشت.

---

78. Georges Urbain 79. Paul Painlevé 80. Edouard Herriot



امضاهایی که ژان پرن جمع آوری کرده بود تا دولت را به لزوم تأسیس «سازمان ملی تحقیقات علمی» متقاعد کند.

کامیل ماربو[81]، زن امیل بورل و دختر پل آپل، این همّت بزرگ‌منشانه را چنین می‌نگارد: «ژان پرن همه جا نقش «گرهگشا» یا نقش هماهنگ کننده را ایفا می‌کرد. او که در ۱۹۰۰ با موهای مجعدش حالت فرشته‌ای مقرب را داشت، بعدها به هنگام دریافت جایزهٔ نوبل (فیزیك ۱۹۲۶) سیمایی پیامبرگونه یافته بود.»

اوژنی کوتون[82]، زن امه کوتون به سهم خود چنین روایت می‌کند: «آنهایی که درسالهای ۱۹۲۵ به انستیتو رادیوم رفت و آمد داشتند، خاطرهٔ ماری کوری و ژان پرن را که از کارزار بزرگ پیروزمندانه بازمی‌گشتند به‌یاد دارند:

ژان پرن با قامتی بلند و استوار و چهره‌ای نورانی که کلاه ماهوتی لبه بزرگش به عقب سر افتاده بود و ماری، شکسته و سیاهپوش (در سوگ پی‌یر) که هرگز خستگی را به زبان نمی‌آورْد و در عوض می‌گفت: خوب، دوست من، حالا مرا کجا می‌بری؟».

پولی اندك، ابتدا از کیسهٔ «دفاع ملی»، برای تقویت بنیهٔ «صندوق ملی علوم» ــ که تا آن وقت امکانات کمی داشت ــ داده شد تا بتواند کمکهای بلاعوضی میان دانشمندان توزیع کند. سازمانی برای ارزیابی و نظارت بر تحقیق ایجاد شد. این، همان «شورای عالی پژوهش علمی» است که در ۱۹۳۳ تأسیس شد و حدود نصف اعضایش انتخابی بودند.

چند کلمه‌ای هم از زبان ژان پرن بشنویم: «از تصادف روزگار دوست دیرینه‌ام ادوارد هریو [نخست‌وزیر وقت فرانسه] از من خواست در مراسم توزیع پاداشهایی به «انجمنهای آموزش حرفه‌ای» که به ریاست او در تئاتر بزرگ لیون برگزار می‌شد، سخنرانی کنم. من موضوع این سخنرانی را پژوهش علمی انتخاب کردم؛ بخت با من یاری کرد که سخنانم بر حاضران درمجلس و مخصوصاً بر «رئیس» آن مؤثر واقع شد. همان روز من گفت‌وگوی مفصل و دقیقی با او انجام دادم که تصمیم گرفت ــ چیزی که مهم بود ــ نفوذ و مسئولیتش را به سود «پژوهش علمی» به‌کار گیرد... پس از یك سخنرانی دیگر (در برابر رزمندگان قدیمی در کاهور[83]) توانستم وزیرمان آناتول دو مونزی[84] را نسبت به اهمیتی که تحقیق باید در اقتصاد مملکت داشته باشد متقاعد

---

81. Camille Marbo 82. Eugenie Cotton 83. Cahors

84. Anatole de Monzie

ژان پرن

کنم... و سرانجام، مجوز ایجاد شورای عالی پژوهش را گرفتم.»

هنوز تا این زمان حرفه‌ای به نام پژوهشگری وجود نداشت و اعتبارات ــ با وجود مساعی فراوان ــ هنوز ضعیف بود. بودجهٔ تحقیقات و تعداد پستها در ۱۹۳۴ و ۱۹۳۵ رو به کاهش گذاشته بود و مبلغ کمکهای بلاعوض از ۸ میلیون فرانك برای پژوهشگران و مبلغی معادل آن برای تحقیق، به ۶ میلیون فرانك کاهش یافته بود. با وجود این، در ۱۹۳۵ «صندوق ملی پژوهش علمی» با ادغام دو «صندوق» موجود، ایجاد گردید که وظیفه‌اش نظارت بر مجموع تحقیق بنیادی در فرانسه، از جمله درآزمایشگاههای دانشگاهی، بود.

در ۱۹۳۶ «جبههٔ خلق[85]» به قدرت رسید. لئون بلوم[86]، رئیس هیئت وزیران، توجه به وضع علمی کشور را در اولویتهای برنامهٔ کارش قرار داد. او معاونتی برای تحقیقات

---

85. Front Populaire 86. Léon Blum

علمی ایجاد کرد که اولین متصدی آن تا چند ماه ایرن ژولیوت ـ کوری (دختر پی یر و ماری کوری) بود که به خواهش او این مقام به ژان پرن تفویض گردید. این شخص با کمك وزیر آموزش و پرورش، ژان زای[۸۷] و احزاب گوناگونی که جبههٔ خلق را تشکیل می دادند، اعتبارات ویژهٔ پژوهش را در بودجه به طور فوق العاده ای افزایش داد و مبلغ آن از ۱۹۳۵ تا ۱۹۳۷ تقریباً سه برابر شد. یك دفتر ملی پژوهش علمی در وزارت آموزش و پرورش تشکیل شد. یك کادر اداری و یك کادر دستیار فنی برای مؤسسات پژوهشی آماده شد. نخستین آزمایشگاههای وابسته به «صندوق ملی پژوهش علمی» تأسیس شد؛ با وصف این، اکثر پژوهشگران و دستیاران تمایل داشتند در آزمایشگاههای دانشگاهی کار کنند. «مرکز ملی پژوهش علمی»[۸۸] در اکتبر ۱۹۳۹ با تصویبنامهٔ قانونی هیئت وزیران ایجاد شد. این مرکز، پژوهشهای بنیادی و عملی را در بر می گرفت و ۶۰۰ بورس پژوهشی داد. این مرکز ملی علمی، در نوع خود در دنیا سازمانی بی نظیر بود؛ با این همه، حاصل بذری که پاشیده شده بود می باید پس از جنگ جهانی دوم درو می شد.

در جریان سال ۱۹۴۵، یك گام اساسی برداشته شد. و آن، وقتی بود که فردریك ژولیو[۸۹] مدیر وقت «مرکز ملی پژوهش ملی» اصل همترازی شغلی پژوهشگران را با مشاغل اعضای آموزش عالی به تصویب حکومت ژنرال دوگل[۹۰] رسانید. مدیر بعدی، ژرژ تیسیه[۹۱] در اهمیت آن گفت: «بازتاب این تصمیم، بسیار عمیق و گسترده بود، چه از لحاظ معنوی و چه از لحاظ مادی. نظام قبلی در واقع چشم به دست نیکوکاران و حامیان علم دوخته بود، زیرا، پژوهشگر از یك کمك مالی برخوردار می شد که مبلغ آن با کم و زیاد شدن درآمدهای شخصیش یا درآمدهای همسرش، تغییر می کرد. از آن پس در فرانسه، پژوهش به یك پیشه مبدل می شود.»

در پایان جنگ جهانی دوم، در همهٔ کشورهای صنعتی افکار عمومی و دولتها به اهمیت پژوهش علمی پی می برند و مؤسسات دولتی و سازمانهای بزرگ پژوهشی با بودجهٔ دولت تأسیس می شود: با وجود این، خود را گول نزنیم؛ اساساً این کاربردهای

---

87. Jean Zay

88. Centre Nationai de la Recherche Scientifique (C.N.R.S.)

89. Fréderic Joliot 90. Général de Gaulle 91. Georges Teissier

علمی است که باعث پیشرفتهای چشمگیر می‌شود. رادار، انرژی هسته‌ای، ترانزیستورها و آنتی‌بیوتیکها، به فاصلهٔ چند سال، از پی اکتشافات بنیادی در الکترونیك، در فیزیك هسته‌ای، در فیزیك جامدات و در زیست شناسی پدید می‌آیند. با وصف این، برای پژوهشگر و برای بشریت، جست‌وجوی شناختهای تازه، درك طبیعت و مهار آن، انگیزه‌های اصلی است. چنین روحیه‌ای در عصر ارسطو و ارشمیدس هم وجود داشت؛ این همان روح جست‌وجو و پژوهش است که دانشمندان زمان ما را در بررسی بی‌نهایت خرد تا بی‌نهایت بزرگ هدایت می‌کند.

با وجود همهٔ این ساختارها و این سازمانها، آیا می‌توان تصور کرد که در زمان ما یك پژوهشگر با مشکلاتی نظیر آنچه برنارپالیسی یا پی‌یر و ماری کوری با آنها روبه‌رو بوده‌اند، برخورد پیدا می‌کند؟

احتمالا شخصی که می‌کوشد نظریاتش را عملی سازد، اگر بتواند مقامات تصمیم‌گیرنده یا کمیته‌هایی را که وابسته به آنهاست متقاعد کند، سرانجام وسایلی را که نیازدارد به‌دست می‌آورد. اما اگر نظریه‌اش خیلی بدیع و بی‌سابقه باشد ممکن است با موانعی روبه‌رو شود: یك مفهوم انقلابی تازه در آغاز هرگز به روشنی نه ادراك می‌شود و نه بیان، از این رو مشکل می‌تواند دیگران را متقاعد سازد. از سوی دیگر، چون مبانیِ مفاهیم و نظریه‌های جاافتاده را متزلزل می‌کند، نخست به دشواری مقبول می‌افتد. نظریهٔ نسبیت و مکانیك کوانتومی نمونه‌هایی از این مقوله‌اند. برای متقاعدکردن دیرباوران، لازم می‌آید تجربیات بسیار به نتیجه رسد.

بحث را با روایت ماجرایی خاتمه می‌دهیم که نشان می‌دهد چگونه یك پژوهش تجربی ممکن است پس از سالیان دراز به اکتشاف بینجامد. پزشکی که تحصیلاتش را در اواخر دههٔ ۱۹۲۰ در وین انجام داده بود روایت می‌کرد چگونه در آزمایشگاه باکتری‌شناسی که در آنجا کار می‌کرد می‌باید میکرب استافیلوکوك کشت می‌داد. گاهی که دقت کافی نمی‌کرد، نوعی کَپَك سبزرنگ در محیط کشت رشد می‌کرد و میکربها را از بین می‌برد. وقتی که صاحب آزمایشگاه در بازدیدش این وضع را می‌دید به او می‌گفت: «جوان، بازهم خرابکاری کردی؛ گذاشتی قارچها میکربهای کشف شده را از بین ببرند. تو را که در کارها دقت نمی‌کنی من بی‌خود در اینجا به کار گرفته‌ام.»

باری، در همان ایام، الکساندر فلمینگ[۹۲]، باکتری شناس انگلیسی، با همین پدیده مواجه شد، او پرسش را وارونه عنوان کرد و از خودش پرسید، آیا نمی توان از بعضی کپکها برای مبارزه با میکربها استفاده کرد. سرانجام، در فوریهٔ ۱۹۴۱ برای نخستین بار در اکسفورد مردی که مبتلا به عفونت بود با ماده‌ای که از این کپک استخراج شده بود، یعنی با پنی سیلین معروف، نجات یافت.

متن تصویبنامهٔ دولت فرانسه برای تأسیس «مرکز ملی پژوهشهای علمی»

ریاست جمهوری وزیران

تصویبنامهٔ تشکیل مرکز ملی پژوهش علمی

ریاست جمهوری فرانسه

بنا به گزارش رئیس هیئت وزیران، وزیر دفاع ملی و جنگ و امور خارجه، وزیر آموزش و پرورش و وزیر دارایی

نظر به تصویبنامهٔ مورخ ۱۱ آوریل ۱۹۳۴ دربارهٔ تأسیس شورای عالی پژوهش علمی؛

هیئت وزیران با نظر موافق

مقرر می‌دارد:

مادهٔ اول ــ در وزارت آموزش و پرورش ملی، مؤسسه‌ای دولتی با شخصیت حقوقی و استقلال مالی موسوم به «مرکز ملی پژوهش علمی» ایجاد می شود.

هدف این مؤسسه زیر نظارت عالیهٔ وزارت آموزش و پرورش ملی، توسعهٔ پژوهش علمی و ایجاد هماهنگی در اموری است که به پژوهش علمی ارتباط دارند. بویژه وظایفش عبارتند از:

الف ــ ایجاد تسهیلات در امر پژوهشهای علمی با اعطای کمکهای مالی به اشخاصی که [illegible] از وقتشان را صرف پژوهش می کنند، با استخدام و پرداخت حقوق به دستیاران [illegible] برای کمک به پژوهشگران در کارهایشان، با خرید وسایل و تجهیزات آزمایشگاهی [illegible]

۹۲. Alexander Fleming

دوم ـ مطالعه برای ایجاد یا گسترش برخی از آزمایشگاههای عمومی یا خصوصی برای پژوهش بنیادی یا عملی و شرکت احتمالی در آنها.

سوم ـ ترغیب، تشویق و هماهنگ کردن تحقیقات بنیادی یا عملی که ادارات مختلف دولتی یا بنگاههای خصوصی در دست اجرا دارند و مخصوصاً ایجاد تسهیلات برای پژوهشها و کارهای علمی مربوط به دفاع ملی و اقتصاد ملی، با ایجاد ارتباطات مفید میان واحدهای پژوهشی وزارتخانه‌های مربوط، واحدهای وزارت آموزش و پرورش ملی وسازمانهای خصوصی ذیصلاح.

چهارم ـ سفارش اجرا یا قبول اجرای پژوهشهایی که از سوی ادارات دولتی، بنگاههای خصوصی یا اشخاص حقیقی درخواست می شود، چنانچه فایدهٔ آنها محرز بوده باشد.

پنجم ـ اعطای کمکهای مالی برای مأموریتهای علمی، برای کاوشهای باستان شناسی یا برای اقامتهای تحقیقاتی در آزمایشگاهها و مراکز پژوهشی فرانسه یا خارجی، برای سازماندهی کنفرانسهایی میان متخصصان در مسائل علمی جدید و نظارت بر مصرف تمامی کمکهای مالی موافقت شده بدین منظور.

ششم ـ تأمین انتشار کارهای تحقیقاتی مفید، خواه مستقیماً خواه با مشارکت از طریق اعطای کمکهای مالی بلاعوض یا خرید تعدادی از نسخه‌ها.

هفتم ـ اعطای کمکهای مالی به دانشمندان یا خانواده‌هایشان که در شرایط دشواری به سر می برند از محل اعتباراتی که اختصاصاً به این منظور گشایش یافته است.

هشتم ـ طبق شرایط پیش بینی شده در مادهٔ ۵۸ قانون ۱۱ ژوئیهٔ ۱۹۳۸ اقدام به بسیج علمی و تأمین هماهنگی مجموع پژوهشها و کارهای علمی.

(...)

پاریس، به تاریخ ۱۹ اکتبر ۱۹۳۹

رئیس جمهوری: آلبر لبرون

رئیس هیئت وزیران، وزیر دفاع ملی و جنگ، امور خارجه، ادوارد دالادیه

وزیر آموزش ملی و پرورش ملی: آنری لاپیکه

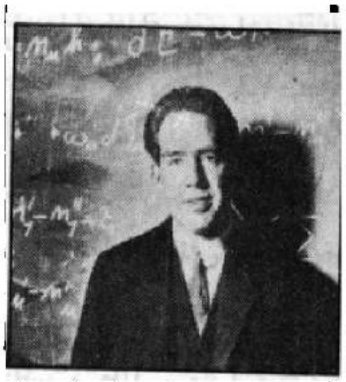
وزیر دارایی: پل رینو

روزنامهٔ رسمی ۲۲ اکتبر ۱۹۳۹

۴

چهارشنبه

از مکتب ملطی تا مکتب کپنهاگ



گفت وشنودها خوب پیش می‌رفت. از اول هفته، اولین بار بود که ورزشکاران و فیزیکدانها، روی پیستهای اسکی دورهم جمع شده بودند ودربارهٔ مسابقهٔ سرعتی که وسط روز اجرا شده بود بحث می‌کردند. رنگهای شاد و زندهٔ پلووِرهای ورزشکاران، شب‌نشینی را نشاط‌انگیز می‌کرد. چهره‌ها به سوی میز کوچکی چرخیدند که روایتگر، پشت آن قرار می‌گرفت. این بارمردی نسبتا جوان با سبیلهای خرمایی درمیان شنوندگان می‌نشیند. سالن‌را برانداز می‌کند و نگاهش را به نگاه ردیفهای اول می‌دوزد و آغاز سخن می‌کند:

نام من ولفگانگ[1] است: من در فیزیك نظری در دانشگاه هایدلبرگ[2] آلمان غربی کار می‌کنم. امشب من از مکتبهای علمی برایتان صحبت خواهم کرد، زیرا این مکتبها نقش مهمی در توسعهٔ شناختهای ما داشته‌اند. پس از مرور اجمالی یك مکتب باستانی، با تفصیل بیشتر از مکتب جدیدی که در رشتهٔ تخصصی من اهمیت زیادی دارد برایتان صحبت خواهم کرد.

یك مکتب، گِرد استادی تشکیل می‌یابد که شاگردانی را به سوی خود بکشاند. دانش درموضوعی انباشته می‌شود و انتقال می‌یابد، پژوهشها درشیوهٔ فکری ودرقالب

---

1. Wolfgang 2. Heidelberg

فلسفه‌ای که از خصوصیات مکتب است، ادامه می یابد. مکتب وقتی که استاد و نیز شاگردانش شناختهای تازه‌ای فراهم بیاورند و به اکتشافهای جدیدی توفیق یابند، به صورت یك مکتب به رسمیت شناخته می شود.

مکتبهایی ازروزگاران قدیم وجود دارند، اما نمی‌دانیم که آنها در ۲۵۰۰ سال پیش از این چگونه سازمان یافته بودند. درعوض می دانیم که دانش آن زمان، فرهنگستانی بود: زمینه‌های گوناگونی از علوم، فلسفه، اخلاق، سیاست ودین را دربرمی گرفت. در شرق، مکتبهای فلسفی پر آوازه‌ای وجود داشت؛ مانند مکتب کنفوسیوس، که قدمتش به ابتدای قرن پنجم قبل ازمیلاد می رسد. کلمات قصار گفت وشنودهای *استاد کنگ*[۳] هنوز هم در زمان نقل می‌شوند. از آن جمله است: «استاد به شاگردش زی-لو[۴] می گوید: می خواهی بگویم معرفت چیست؟ اینکه بدانی چه می‌دانی وبدانی چه نمی‌دانی، این همانا معرفت حقیقی است.»

نخستین از حکمای سبعه

قدیمی ترین مکتبهای شناخته شده در کنارهٔ دریای اژه، در ساحل آسیای صغیر ودر مصب رود مئاندر، در شهر یونانی ملطیه تشکیل شده است. طالس در این شهر می زیست. اودرعین حال، ریاضیدان، فیزیکدان، اخترشناس، جغرافیدان وفیلسوف بود، او بنیانگذار مکتب یونیایی در فلسفه است.

طالس حدود سال ۶۴۰ (ق.م.) در خانواده‌ای بزرگ در فنیقیه به دنیا آمد. ۱۴ ساله بود که خورشید گرفتگی کاملی اتفاق افتاد، واین، لیدیها ومدیها را که درجنگ بودند به وحشت انداخت؛ همین حادثه سبب شد که آنها صلح کنند. طالس جوان نیز تحت تأثیر قرار گرفت. او را برای تحصیل علم و هنر به مصر فرستادند و در آنجا او به هندسه دلبستگی پیدا کرد. احتمال آن می رود که او در کارهای نخستین اقدام برای ساختن آبراههٔ میان نیل ودریای سرخ شرکت جسته باشد. درهر حال، درهمین دوران است که تصمیم می گیرد خود را وقف بررسی طبیعت کند. جنگهای تمام نشدنی در منطقه او را مجبور می کند ابتدا به زادگاهش بازگردد. سپس درحدود پنجاه سالگی درملطیه که به او

---

۳. کُنگ kong نام خانوادگی کنفوسیوس است. ــم.

4. zi - lu

حقوق شهروندی اعطا می کند، مستقر می شود. با بضاعتی که دارد باقی عمر را یکسره وقف علوم و فلسفه می کند.

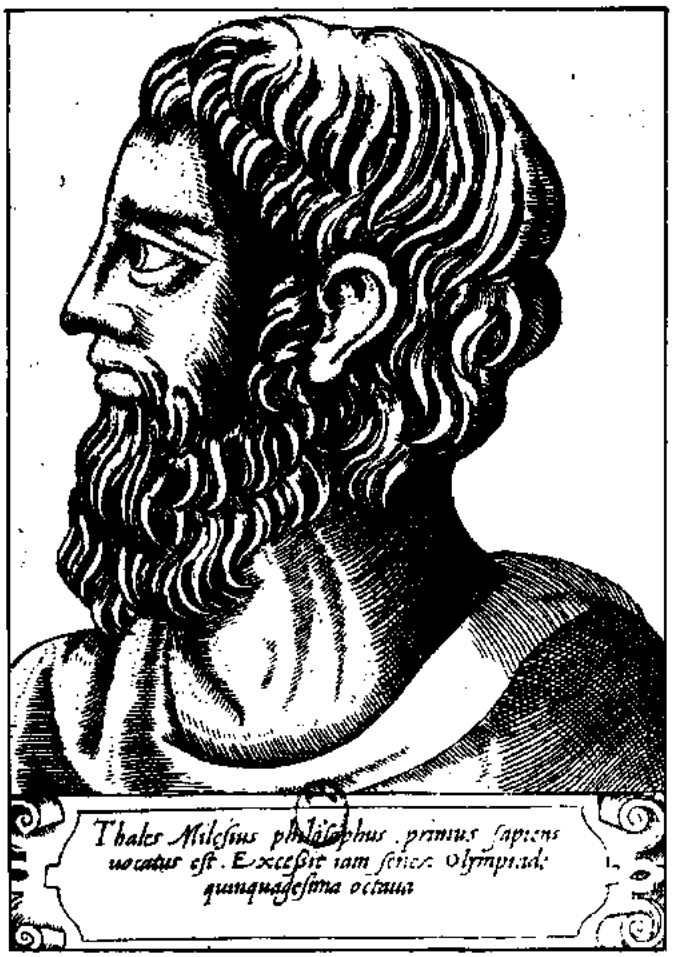
طالس چند کشف مهم کرده است: قضیه‌ای که به نام اوست، چند خصوصیت در هندسهٔ مسطحه و در هندسهٔ فضایی و غیره. روایت است که یکی از بزرگ‌ترین شادمانیهای او این بود که ثابت کرد مثلثی که در یك نیم دایره ترسیم شده است، مثلث قائم‌الزاویه است. فن اندازه‌گیریِ فاصله کشتی از ساحل را به او نسبت می دهند. در جهان‌شناسی طالس، عنصر اصلی و منشأ هر چیزی در جهان، آب بود. مطالعات اخترشناسیِ او را کمتر می شناسیم: او قطر ظاهری خورشید را اندازه گرفت و بی تردید نخستین کسی بود که اعلام کرد ماه از خود نوری ندارد و نور خورشید را بازتاب می کند. شاید با استفاده از معارفی که از کلده به ملطیه رسیده بود، مخصوصاً با تعیین دورهٔ بابلی موسوم به «ساروس» ــ متناظر با ۲۲۳ ماه قمری ــ که احتمالا دورهٔ تکرار خسوفها و کسوفها را اعلام می کرد، او تاریخ خورشیدگرفتگی بعدی را (در سال ۵۸۵ ق.م.) برای شهرهای یونیایی پیشگویی کرد، و چون در آن تاریخ خورشیدگرفتگی واقع شد، طالس اعتبار و احترام فوق‌العاده‌ای یافت.

روایت می کنند که اهالی مطلیه پیشاپیش، محتوای تورهای صیادان جزیرهٔ کیوس را خریده بودند. موقع تحویل، در میان ماهیها یك سه‌پایهٔ طلایی هم وجود داشت. دو طرفِ معامله مجادله می کردند، صیادان می گفتند که فقط ماهیهای صید شده را فروخته‌اند. نزدیك بود نزاعی درگیرد؛ با هاتف معبد دلف رایزنی کردند، او دستور داد سه‌پایه را نزد خردمندترین مرد ببرند و هر چه او گفت به آن رضایت دهند. تصمیم گرفته شد شیء گرانبها را نزد طالس ببرند؛ او آن را نزد بیاس[5] فرستاد، که در شهری نزدیك پرین[6] می زیست و او را خردمندتر از خود می دانست. شخص اخیر به نوبهٔ خود، سه‌پایهٔ طلایی را نزد سولون[7] آتنی فرستاد. سه‌پایه، بدین ترتیب، دست به دست می گشت تا اینکه هفتمین خردمند، آن را به نزد طالس بازگردانید، و او آن را به معبد تب[8] فرستاد تا وقف آپولون گردد. این هفت مرد در سال ۵۸۲ (ق.م.) در معبد دلف به عنوان «حکمای سبعه» یونان اعلام شدند.

طالس پیوسته از پذیرفتن مشاغل دولتی که به او محول می شد، امتناع می ورزید. در

---

5. Bias 6. Priene 7. Solon 8. Thebes



طالس ملطی

حدود ۷۰ سالگی، پادشاه جدید مصر از او دعوت کرد، و او ارتفاع اهرام بزرگ را از راه مقایسهٔ سایه آنها با سایهٔ تیر چوبی که در زمین فرو کرده بود، اندازه گرفت. روزی شاه او را به ضیافت دعوت کرده بود، از او سؤال شد، بدجنس ترین جانور وحشی کدام است؟ پاسخ داد، شاه ستمگر. و پرسیده شد، بدجنس ترین جانور اهلی کدام است؟ جواب داد، آدم چاپلوس. او نمی خواست مدت زیادی درمصر بماند و به ملطیه بازگشت.

طالس علت طغیانهای دوره‌ای نیل را از بادی می دانست که در تابستان از شمال می وزید و ابرها را با خود می آورد؛ او فکر می کرد که دورتر در جنوب، کوههای مرتفعی وجود دارد که این ابرها را متوقف و به بارانهای شدید مبدّل می کند و همین بارانها موجب طغیان سالانهٔ رود نیل می شود. این توضیح تا مدتها مورد اعتراض بود؛ بویژه از

سوی سیاحان انگلیسی، تا آنکه در قرن نوزدهم، کشف شد که در افریقای استوایی کوههای مرتفعی وجود دارد که برخی از قله‌های آنها پوشیده از برف است.

تاریخ، روایت می کند که کنیزکی طالس را دید که چشم به آسمان دوخته و راه می‌رفت که در چاله‌ای افتاد و بر او خندید و گفت تو که پیش پای خودت را نمی بینی در آسمان دنبال چه می گردی. همچنین در تاریخ روایت است که اهالی ملطیه روزی به او گفتند که از فلسفه چیزی حاصل نمی شود، او به پاسخ گفت که روزی خلاف آن را ثابت خواهد کرد. از ابتدای زمستان بر پایهٔ مشاهداتش پیش بینی کرد که محصول زیتون آن سال فراوان خواهد شد، پس همهٔ کارگاههای روغنکشی در منطقه را اجاره کرد. دهقانان، هنگام برداشت محصول که با درختان پر بار زیتون خود مواجه شدند، دربه‌در درجست‌وجوی چرخهای روغنکشی برآمدند، و چون همه از قبل دراجارهٔ طالس درآمده بود، او آنها را به بهای بیشتر به دهقانان واگذار کرد.

شایستگی بزرگ طالس در این است که بهره‌ای عظیم از مساعیش را صرف فهمیدن پدیده‌های طبیعی کرد و نخستین متفکری بود که تعریفهای طبیعی را جایگزین توضیحات اسطوره‌ای کرد. فیثاغورس جوان از تعلیمات طالس بهره‌مند شده است. در زمرهٔ شاگردان و فیلسوفان مکتبش نام اناکسیماندروس[9] برده می شود که سی سال از استادش جوان‌تر بود و مورّب بودن دایرةالبروج را او کشف کرده و نخستین کسی است که نقشهٔ زمین و آسمان را ترسیم کرده است؛ اندکی بیش از یك قرن بعد، انکساگورس[10] در ادامهٔ راه مکتب یونیایی، فلسفه را به آتن می برد و تعریف صحیحی از گرفتگی خورشید و ماه به دست می‌دهد. سقراط که به جُرم فاسد کردن اخلاق جوانان آتن در سال ۳۹۹ (ق.م.) محکوم به نوشیدن جام شوکران شد، از شاگردان انکساگورس بود. افلاطون، آموزشهای فیلسوف بزرگ آتنی (سقراط) را ادامه داد. و ارسطو از مشهورترین شاگردان افلاطون بود.

مکتبهای مشهور دیگری چون مکتب اقلیدس، مؤلف «اصول هندسه»، حوزهٔ علمی اسکندریه را دنبال کردند.

---

9. Anaximander 10. Anaxagoras

آیا امور عالم تصادفی است؟

پس از مکتبهای فلسفیِ ایام باستان، از عصر رنسانس به بعد مکتبها دقیقاً به سوی علوم طبیعت چرخیدند. در قرن نوزدهم و قرن بیستم در همهٔ رشته‌های علمی مکتبهایی تشکیل شد. پریشب، شما در فیزیك تجربی مطالبی از مکتب راترفورد و دیشب دربارهٔ مکتب ماری کوری در انستیتو رادیوم پاریس، شنیده‌اید.

فیزیك ریزترین اجسامی که در طبیعت می‌شناسیم ــ ملکولها، اتمها، هسته‌ها و ذرات بنیادی ــ که آن را میکروفیزیك می‌نامند، ما را به نظریه‌ها و به مفاهیم جدیدی هدایت کرده است که در مکتبهای فیزیك، مثل مکتب مونیخ یا مکتب گوتینگن پرورده شده‌اند. از پرارج‌ترین این مکتبها، مکتب نیلس بور در کپنهاگ بوده است. شماری از همکاران و دوستان دانشمند، خاطراتشان را به رشته تحریر درآورده‌اند که خواندن آنها بسیار جذاب است.

نیلس بور در سال ۱۸۵۵ متولد شد؛ پدرش استاد فیزیولژی در دانشگاه بود. نیلس جوان پس از دفاع از تز خود به کمبریج نزد جی.جی. تامسون رفت، اما سرخورده از استقبال سردی که از او شد، در ۱۹۱۲ راهی منچستر شد و به راترفورد پیوست که به تازگی هستهٔ اتم را کشف کرده بود. بور بزودی پی برد که این کشف اجازه می‌دهد پدیده‌های رادیواکتیویته را که در هسته جا دارند از فرایندهای شیمیایی که به قشر الکترونها مربوط می‌شوند، جدا کرد. او بر این مبنا و با استفاده از نظریهٔ کوانتومی *ماکس پلانك* (که عصر یکشنبه از آن صحبت شد) در سال ۱۹۱۳ مدل تازه‌ای برای ساختمان اتم ارائه داد که به اتم بورِ معروف است. این مدل را دو سال بعد *آرنولد زومرفلد*[11] تکمیل کرد. در سال ۱۹۱۶، بور استاد فیزیك نظری دانشگاه کپنهاگ می‌شود. او به کار بسط مدل خود ادامه می‌دهد و آنچه را که *اصل همخوانی*[12] می‌نامد بیان می‌کند. به موجب این اصل، مدل کوانتومی با ساختارهای ریزترین ذرات که انرژی نسبتاً زیادی دارند همخوانی دارد، وقتی که ابعاد دستگاه افزایش می‌یابد، یا وقتی که انرژیها ضعیف‌تر و اعداد کوانتومی خیلی بزرگ می‌شوند، با قواعد مکانیك

---

11. Arnold Sommerfeld 12. correspondence principle

کلاسیك همخوانی دارد. بور، به اتفاق همکارش هندریك کرامرس[۱۳]، از این اصل همخوانی برای توضیح پاره‌ای «قواعد گزینش[۱۴]» که در طیفهای اتمی مشاهده شده است، استفاده کرد.

در پی بازتابهای نتایج پژوهشهای اولیهٔ بور در محافل علمی دنیا، دانشمند دانمارکی از کمك مالی برای تأسیس یك انستیتو فیزیك نظری برخوردار شد، که در سال ۱۹۲۱ گشایش یافت. سال بعد، بر مبنای مطالعات نظری بور بر روی طبقه‌بندی تناوبی عناصر، که پیشگویی می‌کرد که عنصرِ هنوزناشناختهٔ ۷۲ عنصری شبیه زیرکونیوم[۱۵] است و نه یك کانی کمیاب، جورج دوهِوسی[۱۶] و دیرك کوستر[۱۷] در کپنهاگ عنصر هافنیوم[۱۸] را با چنین خواصِ پیش‌بینی شده‌ای کشف می‌کنند. در همان سال (۱۹۲۲) *نیلس بور*، جایزهٔ نوبل در فیزیك را دریافت می‌کند.

همین که انستیتو فیزیك نظریِ کپنهاگ کارش را شروع کرد، امکانات مالی برای دعوت از فیزیکدانهای خارجی در اختیار بور گذاشته شد تا بتواند آنها را برای دوره‌های کم‌وبیش طولانی به همکاری دعوت کند. او پر استعدادترین جوانان آن‌دوره را که در جریان مسافرتهایش ملاقات می‌کرد برای کار و پژوهش به کپنهاگ دعوت می‌کرد.

درژوئن همین سال ۱۹۲۲، بور درشهر قدیمی دانشگاهی گوتینگن درآلمان، که چند تن فیزیکدان و ریاضیدان پرآوازه در آنجا کار می‌کردند، یك رشته کنفرانس داد. این کنفرانسها بازتاب بزرگی داشت، که بعداً آنها را «فستیوال بور» نامیدند. او از نظریهٔ جدیدش دربارهٔ اتمها و از مسائلی که هنوز حل نشده‌اند صحبت کرد. در جمع شنوندگان، وِرنر هایزنبرگ[۱۹] جوان بیست ساله و شاگرد آرنولد زومرفلد، فردریش هوند[۲۰] و ولفگانگ پائولی حضور داشتند. پائولی با نگارش مقاله‌ای دربارهٔ نظریهٔ نسبیّت، شهرتی به هم زده بود. در جریان گفت‌وشنودها، هایزنبرگ نکتهٔ جالبی مطرح می‌کند. در پایان کنفران، بور به *هایزنبرگ* نزدیك می‌شود و به او پیشنهاد می‌کند با هم قدم بزنند. ضمن گفت‌وگو دانشمند دانمارکی از هایزنبرگ جوان دعوت می‌کند که

---

13. Hendrik Kramers 14. selection rules 15. zirconium
16. Georg de Hevesy 17. Dirk Coster 18. hafniun
19. Wener Heisenberg 20. Friedrich Hund

بیاید چندی در کپنهاگ اقامت کند.

از این زمان است که تفکر دربارهٔ نظریهٔ کوانتومی و تفسیرش به طرزی مستمر و عمیق پیگیری می‌شود. برمبنای این مباحثات مشترك، هایزنبرگ قوانین ریاضی مکانیك کوانتومی را که به ماتریس معروف است، شرح و بسط می‌دهد.

در این مکانیك جدید (کوانتومی) برخی از مفاهیم، نظیر مفهوم مدار دقیق یك الکترون دریك اتم، بی‌معنا هستند، زیرا نمی‌توان آن‌را اندازه گرفت. برای نظریه، تنها آن چیزهایی محل استناد است که «قابل مشاهده‌اند» و تجربه، اندازه‌گیریشان‌را ممکن می‌سازد. به نوشتهٔ هایزنبرگ، برای بور، درآن ایام، تعریف فیزیکیِ پدیده‌ها مقدم بر تدوین قوانین ریاضی آنها بود. بور برای تفسیر فیزیکی مقادیر ریاضی اهمیت اساسی قائل بود. منتها اولویّت را به توضیح فیزیکی پدیده‌ها می‌داد. درك او از ساختار یك نظریه، نتیجهٔ ریاضی فرضیه‌های آغازین نبود، بلکه از تفکری پرمایه دربارهٔ پدیدهٔ واقعی نشئت می‌گرفت؛ به قسمی که می‌توانست به شیوه‌ای مکاشفه‌ای و نه ازراه استنتاج منطقی، روابط را احساس کند. هایزنبرگ پیش از آنکه نظریه‌هایش‌را منتشر کند، مدتی طولانی دربارهٔ مفاهیم تازه‌ای که وارد می‌کرد و نیز دربارهٔ بیان ریاضی آنها با بور بحث کرد.

امواج نوری، همان‌طور که تجربه‌های زیادی آن را نشان می‌داد، دارای خواص ذره‌ای (=تنیزه‌ای[21]) بودند. این دوگانگیِ موج-ذرّه، یکی از اصول اساسی میکروفیزیك را تشکل می‌داد. آلبرت اینشتین آن را دربارهٔ نور ثابت کرده بود. *لویی دوبروی*[22] در ۱۹۲۴ درمقابل، فرض کرد که ذراتِ دارای جرم، مثل الکترونها، باید خواص موجی داشته باشند. چندی بعد، *اروین شرودینگر*[23] نظریهٔ مکانیك موجی خود را تدوین و ثابت کرد که مکانیك موجی از لحاظ ریاضی معادل مکانیك کوانتومی هایزنبرگ است. با وجود این، هنوز مسائل جدّی حل نشده‌ای باقی بود وبور ازشرودینگر دعوت کرد که درسپتامبر ۱۹۲۶ به کپنهاك بیاید. *هایزنبرگ* روایت می‌کند که بحثها فوق‌العاده حاد بود و بور هیچ نکتهٔ مبهمی را دربارهٔ نظریهٔ جدیدی نمی‌پذیرفت. در این بین، شرودینگر بیمار شد و بدون آنکه بحثها به توافقی برسد، کپنهاگ را ترك کرد.

---

21. corpuscular 22. Louis de Broglie 23. Erwin Schrödinger

چنان که ملاحظه خواهید کرد، رسیدن به تفاهم و به وحدت نظر، آسان نبوده است. فیزیکدان انگلیسی *پل آدرین موریس دیراک*[۲۴] موفق شد نظریه را با فرمول نسبیت بیان کند. سرانجام در سال ۱۹۳۲ جایزهٔ نوبل در فیزیك به *هایزنبرگ* وسال بعد به *شرودینگر* و *دیراك* اعطا شد.

از همان اولین مطالعات روی رادیواکتیویته، شمارش آماری ابتدا تلویحی سپس آشکارا مورد استفاده قرار گرفت. قانون کاهش رادیواکتیویته ومفهوم دوره که دوشنبه عصر از آنها صحبت شد، ماهیت آماری دارند. نسبت معین هسته‌های موجود، برحسب واحد زمان، فروپاشیده می شود؛ اتمها همه مثل هم هستند و ازیکدیگر قابل تشخیص نیستند، با این حال، برخی از اتمها بلافاصله فروپاشیده می شوند و بقیه خیلی دیرتر فروپاشیده خواهند شد: این، یك مسئلهٔ ناب احتمال است. در نتیجهٔ پیگیری معلوم شد که بسیاری از پدیده‌های اتمی از قوانین آماری تبعیت می کنند. تفسیر این قوانین آماری ابتدا مسائل دشواری را مطرح می کرد. بور و همکارانش به این نتیجه رسیدند که همهٔ مقادیر فیزیکی در سطح اتمی دارای مشخصات آماری هستند.

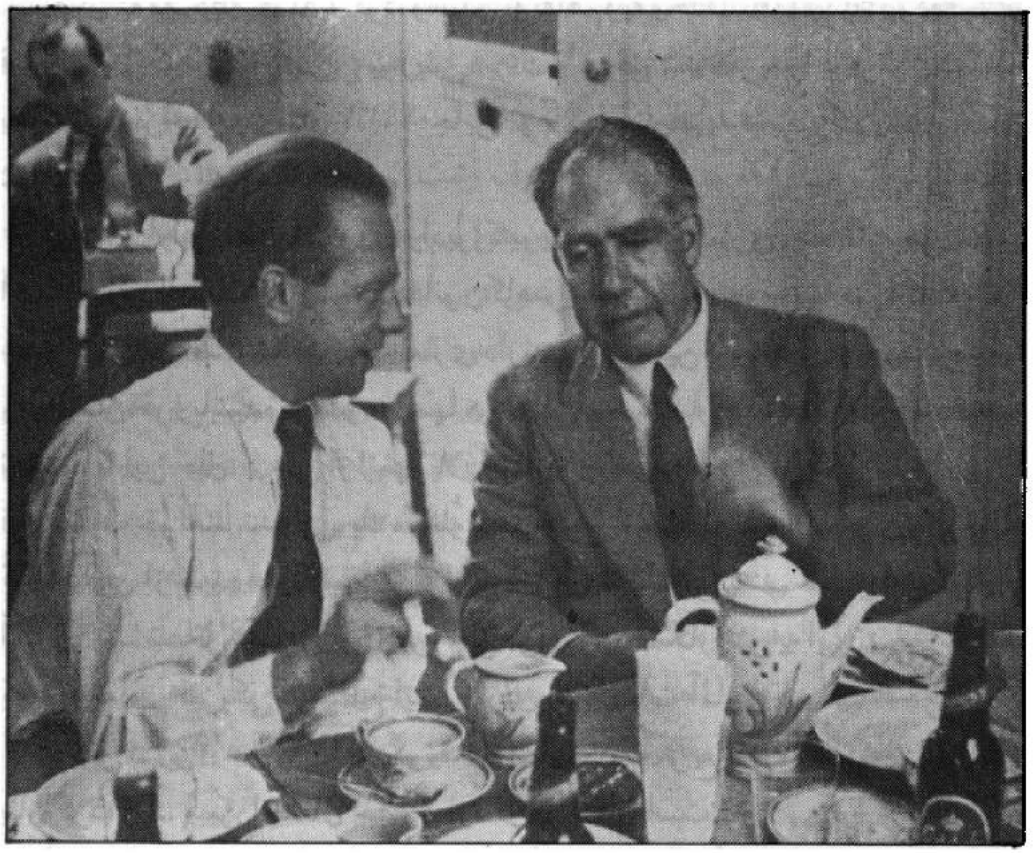
ماکس بورن[۲۵] در ۱۹۲۶ در گوتینگن نشان داد که مربع تابع موج، که شرودینگر بیان کرده بود، مبیّن احتمال حضور ذره در هر مکان است.

در آغاز سال ۱۹۲۷ *هایزنبرگ*، که آن وقت در کپنهاگ اقامت داشت، *اصل عدم قطعیت*[۲۶] خود را بیان کرد ــ که گاهی آن را اصل عدم تعیّن می نامند ــ که به موجب آن، همزمان نمی توان مکان و سرعت یك ذره را با دقت قطعی مشخص کرد، یا اینکه همزمان نمی توان مقدار انرژی و اندازهٔ حرکت یك رویداد اتمی را تعیین کرد. به زبان دقیق تر، میان عدم قطعیتهایی که می توان در دو کمیت از این کمیتهای مزدوج به دست آورد، رابطه‌ای وجود دارد. مثلا، اگر بتوان با دقت، سرعت یك ذره را تعیین کرد، مکان آن را جز به تقریب نمی توان معلوم کرد. حاصلضرب دو عدم قطعیت، مساوی است با ثابت پلانك (h) تقسیم بر 2π، که البته مقدار بسیار کوچکی است. یك نوار پرتو ایکس که از یك اتم گسیل می شود، یك پهنای ذاتی انرژی دارد؛ به موجب روابط عدم قطعیت، مقداری نوسان دربارهٔ لحظه دقیق گسیل فوتونهای ایکس که نوار را تشکیل می دهند با

---

24. Paul A.M. Dirac 25. Max Born

26. uncertainty principle یا indeterminacy principle



نیلس بور با هایزنبرگ: «بله، بله، هایزنبرگ، اما...» کپنهاگ ۱۹۳۴

آن متناظر است؛ پهنای انرژی و طول عمرِ حالت متناظر با آن، هر دو قابل اندازه‌گیری هستند. مثلا، یك نوار با پهنای انرژی دوسوم از یك هزارم الکترون ولت (*یك الکترون ولت، واحد اندازه‌گیری انرژی در فیزیك هسته‌ای برابر است با مقدار انرژی که یك الکترون در عبور از یك اختلاف پتانسیل، یك ولت می‌گیرد*) با طول عمر یك میلیونیم میلیونیم ثانیه متناظر است.

بور و هایزنبرگ مدتها از خود می‌پرسیدند چگونه می‌توان پدیده‌ای ساده مثل مسیر یك الکترون در یك اتاقك ابر[۲۷] را با بیان ریاضی مکانیك کوانتومی تلفیق داد؟ اصل عدم قطعیت، پاسخ دادن به این پرسش را امکان پذیر می‌کرد: سرعت الکترون با

---

27. Wilson chamber

نیلس بور و ارنست راترفورد
تماشای مسابقهٔ پاروزنی در دانشگاه کمبریج

دقتی کافی ازراه اندازه گیری انحنایش دریك میدان مغناطیسی، معلوم شده بود. مکان الکترون در اتاقك ابر، به صورت تجربی تعیّن پذیر نیست مگر در حد قطره های ریز آبی که مسیر را مشخص می کند.

بور در همین ایام *اصل مکمل بودن*[۲۸] خودش را تکمیل کرده بود که به موجب آن، کمیّتهای زوج وجود دارد که هردو برای توصیف کامل پدیدهٔ اتمی ضرورت دارند، اما مشاهده و تعریف دقیق یکی از آنها مشاهده و تعریف دقیق دیگری را منتفی می سازد. برخی از کمیّتها همزمان قابل مشاهده نیستند. میان بور و *هایزنبرگ* با شرکت *اُسکار کلاین*[۲۹] و *ولفگانك پائولی* بحثهای طولانی صورت گرفت تا به این نتیجه برسند که اصل عدم قطعیت که رابطهٔ محدودیت دوجانبه را تشکیل می دهد، حالت خاصی از اصل عمومی مکمل بودن است: مکان و سرعت، مکمل یکدیگر بوده اند؛ همان طور که موج و ذرّه نیز مکمل بوده اند.

---

28. complementarity principle 29. Oskar Klein

بور نظریاتش را در ۱۹۲۷ ابتدا در کنفرانس کوم[۳۰] (ایتالیا)، سپس در بروکسل در کنفرانس سولْوِی[۳۱] مطرح کرد. مناظره‌ای به یادماندنی با اینشتین درگرفت. اینشتین قبول نداشت که اصولا مشاهده و تعیین همهٔ وقایع جزئیِ لازم برای توصیف کامل یك فرایند فیزیکی، ناممکن باشد. برای او روابط آماری، دستگاه خیلی پیچیده‌ای است که همهٔ خصوصیات آن هنوز کاملا شناخته نشده است. در نظر بور، این روابط، خاصیت ذاتی فرایندهای اتمی بودند و علیت آماری، جانشین علیّت جبری شده بود. اینشتین قبول نمی کرد که علیّت پدیده‌های فیزیکی، محدود به قانون احتمال شود، و عدم قطعیت ذاتی، حتی محدودش را قبول نداشت. از این لحاظ، به نظر او مکانیك کوانتومی، یك نظریهٔ کامل نبود؛ درآن، وقایع و قوانینی بنیادی وجود دارد که هنوز شناخته نشده‌اند.

به‌هنگام کنفرانس سولْوِی، مباحثه‌ها معمولا از سرمیز صبحانه شروع می شد. *اینشتین* یك ایدهٔ تجربی را که به قوهٔ تفکر می شد تخیّل کرد و به رغم او، اصل عدم قطعیت را نفی می کرد، ارائه می داد. در طول روز، بور همراه با *هایزنبرگ* و شاگردان دیگرش دربارهٔ مسئله می اندیشید و شب هنگام، سرمیز شام، برای *اینشتین* ثابت می کرد که ایدهٔ تجربی او اصل عدم قطعیت را متزلزل نمی کند. *اینشتین* کمی به فکر فرومی رفت، اما صبح فردا سرمیز صبحانه یك ایدهٔ تجربی کامل‌تر مطرح می کرد و این بار نوبت بور بود که آن را تجزیه و تحلیل و شامگاه رد کند. *اینشتین* عادت داشت بگوید؛ «خدا طاس نمی اندازد.» درپاسخ به او، بور درمی آمد می گفت: «ما نمی توانیم به خدا بگوییم دنیا را چگونه اداره کند.»

مباحثه‌های بور و *اینشتین* چند سال دیگر هم ادامه یافت و پس از چندی به موضوع مشاهده گر و ابزار اندازه گیری کشانده‌شد. *اینشتین* معتقد بود پدیده‌های فیزیکی قابلیت آن را دارند که به طور کامل و جدا از مشاهده گر، اندازه گیری شوند. بور عقیده داشت که واقعیت اتمی، فراتر از ادراك متعارف ماست. اتمِ ریز درمقیاس فهم انسانی نیست و ما نمی توانیم بدون تغییر دادن کمیّتهای کلاسیك که معمولا به کار می بریم به تصور درستی از آن نائل شویم. با این همه، ما ناگزیریم با ابزارها ماکروسکوپی، فرایندهای اتمی را مشاهده کنیم و نتایج اندازه گریها را با اصطلاحات کلاسیك بیان کنیم. از برهم

---

30. Côme 31. Conseil Solvay

کنشیِ ابزارهای اندازه گیری کلان با میکروـشیء (چیز بی نهایت خرد)، عدم قطعیت حاصل می گردد؛ چرا که این دو را نمی توان جدا از یکدیگر ملاحظه کرد. بور نتیجه می گرفت که آن دو یك کلِ تجزیه‌ناپذیر را تشکیل می دهند؛ نتایجی را که در شرایط تجربیِ متفاوت به دست می آیند باید مکمل یکدیگر دانست.

فیزیکدان دانمارکی در برابر نخستین دشواریهای تفسیر نظریهٔ *دیراك*، که وجود الکترونهای مثبت را پیشگویی می کرد، و دربرابر معمای گسیل طیف پیوستهٔ الکترونها در رادیو اکتیویتهٔ بتا، لحظه‌ای به فکر افتاد که می بایست «اصل بقای انرژی» را رها کند. با وجود این، او پس از اثبات تجربی الکترون مثبت و دخیل کردن نوترینو برای توضیح وجود طیف پیوسته، از این عقیده‌اش برگشت و طی کنفرانسی اعلام کرد: «ما تا در مسئله‌ای تناقضاتی نیابیم، هیچ چیزی از آن نخواهیم فهمید».

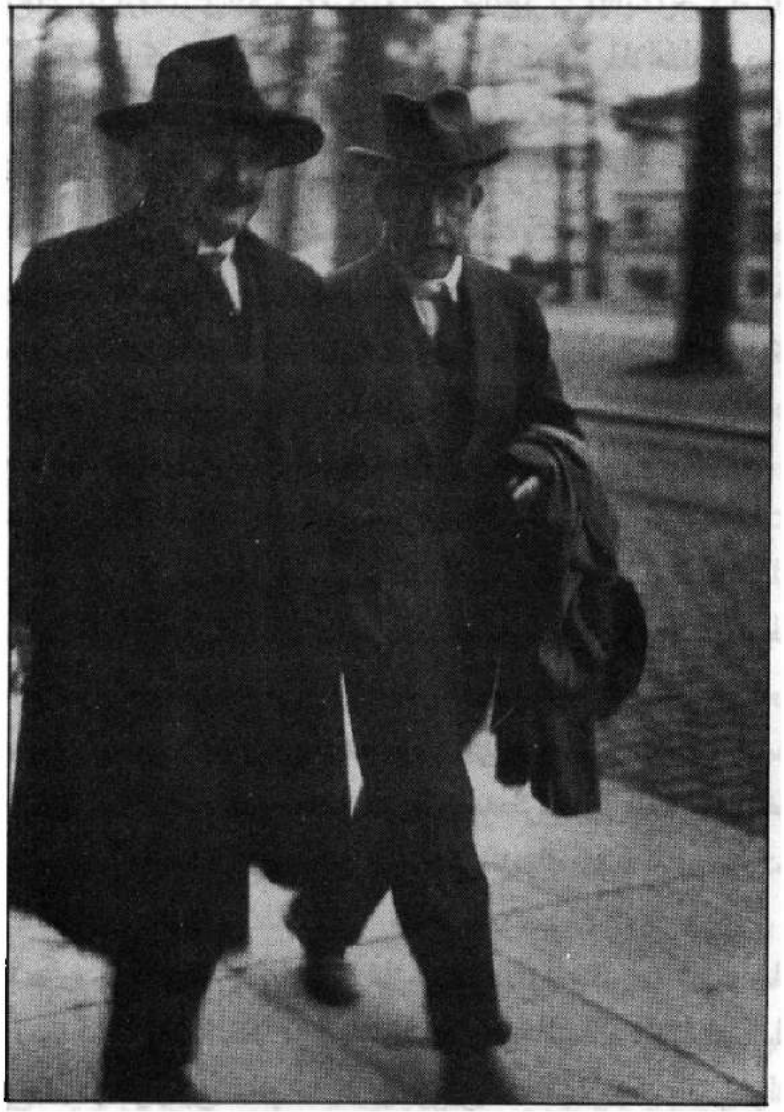
بور فکر می کرد که «اصل مکمل بودن» او در سایر رشته‌هـای علمی، مثل زیست شناسی، روان شناسی و زبان شناسی هم مصداق دارد. روزی، دانشجویی از او پرسید، واژهٔ مکملِ حقیقت چه می تواند باشد؟ و بور در پاسخ گفت «وضوح». اگر بخواهیم مطالبی را خیلی واضح شرح بدهیم ناگزیر خواهیم بود که آن را ساده کنیم و همین ساده کردن، ما را از حقیقت محض دور خواهد کرد. بور شخصاً می خواست به قدری کلامش دقیق و به حقیقت در تمامی وجوهش نزدیك باشد که فهمیدن سخنانش گاهی بسیار دشوار می شد.

در ۱۹۳۲ دورهٔ جدیدی از زندگی بور آغاز می شود؛ او با خانواده‌اش در خانهٔ مجللی که بنیاد کارلسبرگ[۳۲] مدام‌العمر در اختیار شهروند عالیمقام دانمارك گذاشته بود، سکونت می کند. در طول این سالها، شماری از فیزیکدانان برجستهٔ دنیا برای اقامت کوتاه و بلندمدت به انستیتو فیزیك نظری کپنهاگ دعوت می شوند. *نیلس بور* با *لئون روزنفلد*[۳۳] جوان در موضوع الکترودینامیك کوانتومی کار می کند. از ۱۹۳۳ او تعداد زیادی از فیزیکدانان را که از آلمان هیتلری و از اروپای مرکزی گریخته بودند، استقبال می کند.

بور خیلی زود به اهمیت کشف نوترون پی برد. او که متقاعد شده بود اتم منحصراً از ذرات جرم‌دار، پروتونها و نوترونها تشکیل شده است، بلافاصله دریافت که می توان از

---

32. Carlsberg 33. Leon Rosenfeld

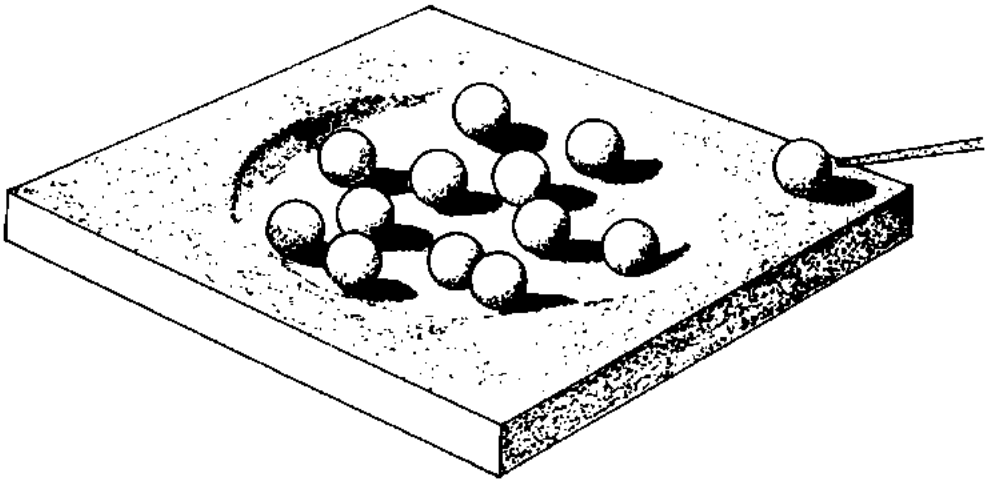


آلبرت اینشتین و نیلس بور
در حال رفتن به یکی از اجتماعات کنفرانس سولْوِی در بروکسل (۱۹۲۷).

مدلهایی ـ با کمك گرفتن از تصویرهای نیمه‌کلاسیك ـ برای تشریح ساختار هسته و واکنشهای آن استفاده کرد. او به اتفاق همکاران و شاگردانش در انستیتو کپنهاگ مطالعاتش را روی فیزیك هسته‌ای متمرکز کرد. او با ف. *کالکار*[۳۴]، روی نظریهٔ

34. F. Kalckar

واکنشهای هسته‌ای کار می کرد؛ برای این منظور او مدل هستهٔ مرکب را طرح کرد: یك ذرهٔ سنگین در هسته نفوذ می کند، انرژیش را با همهٔ ذرات تشکیل دهندهٔ هسته تقسیم می کند، و هسته فراموش می کند که چگونه ترکیبی داشته است و هنگام که انرژی لازم به طور تصادفی به این یا آن پروتون یا نوترون می رسد، هسته فروپاشیده می شود.



تصویری که نیلس بور از مدل هستهٔ مرکب ارائه داده است
(مجلهٔ *علم*، ۲۰ اوت ۱۹۳۷).

در انستیتو کپنهاگ، یك بخش فیزیك تجربی ایجاد می شود. بور مدل قطرهٔ مایع برای هسته را توسعه می دهد. در پی کشف شکافت هستهٔ اورانیوم در اواخر ۱۹۳۸ در برلین به توسط *اوتوهان* و *فریتس اشتراسمان*[۳۵]، *نیلس بور* خبرش را که از *اوتو روبرت فریش*[۳۶] شنیده بود، به ایالات متحدهٔ امریکا می برد. او در پرینستون با همکاری *جان آرچیبالد ویلر*[۳۷] پدیدهٔ شکافت هسته را با استفاده از مدل قطره‌ای تبیین و ثابت می کند که ایزوتوپ کمترِ اورانیومِ ۲۳۵ تحت کنش نوترونهای کُند، علت شکافت هسته است. بور به دانمارك بازمی گردد. میهنش در ۱۹۴۰ به تصرف آلمانیها درمی آید. او در سالهای اول اشغال در کپنهاگ به سر می برد تا اینکه احساس خطر می کند و با یك کشتی کوچك ماهیگیری به سوئد می گریزد.

---

35. F. Strassmann 36. Otto R. Frisch 37. J. Wheeler

بور خودش را از سوئد به انگلستان و از آنجا به ایالات متحدهٔ امریکا می رساند. او در این ایّام به شدت نگران خطرات استفاده از بمبهای اتمی و مسابقات تسلیحاتی بود که می شد برای بعد از جنگ پیش بینی کرد و پس فردا داستان آن برایتان روایت خواهد شد.

نیلس بور از مدافعان «دنیای باز» و همکاری بین المللی بود. پس از جنگ، «مؤسسهٔ» او در کپنهاگ محل آمد و رفت دانشمندان جوان و نوپا شد. او مشاور دولت دانمارك در امور انرژی هسته‌ای بود. به توصیهٔ او مراکز پژوهشی جدید تأسیس شد. دلبستگیش به همکاری بین المللی او را درردیف مؤسسان «مرکز اروپایی تحقیقات هسته‌ای» درآورد، و بخش فیزیك نظری آن قبل از انتقال به محل دائمی «مرکز» در ژنو، در کپنهاگ استقرار یافت.

در یك بعدازظهر نوامبر ۱۹۶۲، مرگ، تلاش خستگی ناپذیر او را ناتمام گذاشت.

روح مکتب کپنهاگ

جالب خواهد بود که ویژگیهای محیطی را که روح مکتب کپنهاگ درآن پرورش یافت، بشناسیم. بی طرفی دانمارك در جنگ جهانی اول به بور امکان داد که با فیزیکدانان هردو طرف کشورهای متخاصم رابطه برقرار کند. اندکی بعد اوجگیری فاشیسم باعث شد که بسیاری از اندیشمندان صاحب نام آلمانی و اروپای مرکزی به دانمارك مهاجرت کنند.

دانمارك، کشور کوچکی است و نسبت به نفوذ فرهنگی کشورهای همسایهٔ بزرگ و متوسطی که با آنها روابط نزدیکی دارد، (مثل سوئد و نروژ در شمال، انگلستان و هلند در غرب و کشورهای ژرمنی در جنوب و کشورهای اسلاو در شرق) فوق العاده حساس است.

در میان شاگردان متعدد و فیزیکدانان مهمانی که طی سالهای ۲۰ و ۳۰ با انستیتو کپنهاك همکاری داشته‌اند، می توان از دانشمندان زیر نام برد: *ماکس دلبروك*، *جیمز فرانك*، *ورنر هایزنبرگ*، *فردریش هوند*، *رودولف پایرلز*[۳۸] و *کارل فرردیش فون*

---

38. R. Peierls

وایتساکر[۳۹] که از آلمان آمده بودند. *پُل اِهرِنفست*[۴۰]، *اوتوفریش*، *ولفگانگ پائولی*، ویکتور ویسکوف[۴۱] از اتریش، *هندریك کازیمیر*[۴۲] و *هندریك کرامرس* از هلند؛ *لئون روزنفلد* از بلژیك، *پل. آ. ام. دیراك*، *و.ن. مات*[۴۳] از انگلستان، *اُسکار کلاین*[۴۴] از سوئد، *جورج گاموف*[۴۵] *ولیف داویدویچ لانداو*[۴۶] از اتحاد جماهیر شوروی، *فلیکس بلوخ*[۴۷] از سویس، *ادوارد تلر*[۴۸] و *جورج دوهِوسی* از مجارستان و *اس. روسلاند*[۴۹] از نروژ، *یوشیو نیشینا*[۵۰] از ژاپن و بالاخره *جی. رابرت اُپنهایمر*[۵۱] و *جی. سی. اسلاتر*[۵۲] و *آر. سی. تولمان*[۵۳] از ایالات متحدهٔ امریکا. بور توانسته بود از همین ایام روابطی با فیزیکدانان شوروی و ژاپن برقرار سازد و آن را حفظ کند.

انستیتو کپنهاك از کشورهای لاتینی مخصوصاً از فرانسه بازدید کنندهٔ زیادی نداشت. شاید زبان و فرهنگ در این غیبت، نقشی داشته‌اند، اما (به استثنای *پل لانژون* وشاگردانش) دراین میان پاره‌ای گرایشهای تکروی و بی‌اعتنایی فیزیك نظری فرانسه درفاصلهٔ دوجنگ جهانی به آنچه در خارج می‌گذاشت، بی‌تأثیر نبوده‌اند.

ضمن برقرارکردن رابطه با بقیهٔ دنیا، دانمارك عموماً و بور خصوصاً، توانستند سنت فرهنگیشان را حفظ کنند. و از این مراودهٔ علمی و فرهنگی، شاگردان و همکاران خارجی و فیزیکدانان دانمارکی متقابلا به غنای تجربیاتشان می‌افزودند. در کپنهاگ دوست داشتند بگویند: «آنچه به موجب تولد، حق دانمارکیهاست، به موجب قوانین مهمان نوازی حق همه است».

مهمانان انستیتو کپنهاگ برای دوره‌های بلند یا کوتاه‌مدت، گاهی هم فقط برای شرکت در یك کنفرانس یا یك جلسهٔ کار، می‌آمدند. بعضیها مرتب رفت و آمد داشتند، اما فیزیکدانهای مقیم، خیلی کم بودند. سمینارها پی‌درپی تشکیل می‌شد و آخرین نتایج تحقیقات در آنجا عرضه می‌گردید، تفسیر می‌شد و گاهی هم در جوّی سرشار از نیك نفسی و حسن خلق، بحثهای تندی درمی‌گرفت. هیچ کس در خانه‌اش کار

---

39. C. von Weiszäcker 40. P. Ehrenfest 41. V.F. Weisskopf
42. H.B.G. Casimir 43. N. Mott 44. O. Klein 45. G. Gamow
46. Lev Landau 47. F. Bloch 48. E. Teller 49. S. Rosseland
50. Y. Nishina 51. j. R. Oppenheimer 52. J.K. Slater
53. R.C. Tolman

نمی کرد، هر کس، هر ساعتی که دلش می خواست، می توانست در انستیتو کار کند. هیچ کس تمام روز پشت درهای بسته در اتاق کارش نمی ماند. محققان، اغلب در اتاق کار یکدیگر، در برابر تختهٔ سیاه یا روی ورقی کاغذ، در حال بحث بودند. بور به پژوهشگرانش سر می زد و دربارهٔ پیشرفتهای به‌دست آمده پرس وجو می کرد.

هایزنبرگ جوان روایت می کند، وقتی در ۱۹۲۴ به کپنهاگ رسیدم، ازدیدن آن همه فیزیکدان جوانی که از چهارگوشهٔ عالم آمده و اطراف بور را گرفته بودند، شگفت زده شدم. «اغلب آنها به چند زبان خارجی حرف می زدند، در حالی که خود من، حتی به یك زبان خارجی حرف نمی زدم؛ آنها دنیای خارج را می شناختند، با فرهنگ و با ادبیات ملتهای گوناگون آشنا بودند. آنها با مهارت، آلات گوناگون موسیقی را می نواختند و علاوه بر همهٔ اینها، خیلی بهتر از من فیزیك اتمی جدید را می فهمیدند.»

اغلب روزهای یکشنبه، بور گروه کوچك محققان خودش را به جنگل شمال شهر می برد و با آنها از آنچه که در دنیا می گذشت، صحبت می کرد. او همیشه در دسترس بود، مهربان و نیك نفس بود، به مسائل شخصی یکایك شاگردانش علاقه نشان می داد و از زندگی آنها در کشورهای متبوعشان می پرسید و اگر لازم می شد از هیچ گونه کمکی کوتاهی نمی کرد. او باز بود و اهل مدارا، همیشه برای شنیدن فرضیه‌های جدید آمادگی داشت، و از دیدگاههای خودش سرسختانه دفاع می کرد. او پرشورترین ایده‌ها را با صدای پایین، گاه حتی نامشخص، شرح می داد و هیچ وقت نمی فهمیدی او به دانمارکی حرف می‌زند یا به آلمانی یا به انگلیسی. با وصف این، کنفرانسهایش همیشه مسحورکننده بود.

در یکی از سمینارهایش که طولانی حرف زده بود و جایش را به فیزیکدان بعدی می‌داد، بور از او خواست بلندتر صحبت کند که همه صدایش را بشنوند؛ پائولی که درجلسه حاضر بود گفت «بعد از شما هر کس حرف بزند این تصور را القا می کند که بلند حرف می‌زند!» باری، این سبكِ خانوادگی سرشار از صمیمیت شاگرد و استاد در انستیتو بود.

روزی از برادرش هارالد[۵۴] که ریاضیدان بزرگی بود پرسیدند، چگونه است که تو روشن و واضح حرف می زنی، در حالی که حرفهای برادرت بور را مشکل می توان

---

54. Harald Bohr

فهمید. او پاسخ داد: «علتش این است که من همیشه از چیزهایی حرف می‌زنم که قبلا توضیح داده‌ام، اما نیلس عادتاً از چیزهایی حرف می‌زند که قصد دارد بعداً توضیح دهد.»

فیزیکدان بزرگ دانمارکی شخصاً روی این نکته مزاح می‌کرد و دوست داشت داستان مشهور خاخامی را روایت کند که جوانی روستایی درشهر موعظه‌هایش را شنیده بود. در بازگشت به ده خود مرد جوان به هم‌ولایتیهایش گفت: «خاخام سه‌بار صحبت کرد؛ بار اول خیلی درخشان بود، روشن وساده. من همهٔ کلمات صحبتش را فهمیدم. باردوم، بهتر از اول بود، عمیق ودقیق؛ من چیز زیادی نفهمیدم، اما خاخام همه را فهمید. بار سوم، عالی بود. خاطره‌اش را هرگز فراموش نمی‌کنم؛ نه من چیزی فهمیدم، نه خود خاخام چیز زیادی دستگیرش شد.»

ازوقتی که دانشمند دانمارکی در انستیتو خود مستقر شد، دیگر هیچ وقت به تنهایی کار نکرد، بلکه با همکاری با فیزیکدانان دیگر کار می‌کرد. و. ویسکوف بعدها روایت کرد: «هر بار که می‌خواست به مسئلهٔ تازه‌ای حمله کند، در میان جوان‌ترین فیزیکدانانی که در انستیتو بودند یك «قربانی» انتخاب می‌کرد. این شخص خوش اقبال، از این امتیاز برخوردار بود که شب وروز با او کار کند. بور سعی می‌کرد ایده‌هایش را برای قربانیش خوب توضیح بدهد تا موضوع برای هردوشان روشن بشود. مهم‌ترین بخش همکاری، نوشتن مقاله‌ای مشترك دربارهٔ آن موضوع بود. قربانی باید جملاتی را که بور دیکته می‌کرد بنویسد. روزها می‌گذشت؛ روی هر جمله آن قدر کار می‌شد تا دقیقاً اندیشهٔ مورد نظر را بیان کند. در جریان این تلاشها برای بیان موضوع بود که اندیشه‌ها شکل واقعی خودرا پیدا می‌کردند.» در مرحله‌ای از پیشرفت کار، مقاله ماشین، سپس در چند مرحله تصحیح می‌شد، هنوز گرفتار وسواس بود و تصور می‌کرد همه ابعاد مسئله را چنان که باید و شاید استدلال نکرده است. روی متن ماشین شده، اصلاحاتی به عمل می‌آمد، آن قدر که دیگر قابل خواندن نبود، مقاله دوباره ماشین می‌شد. کار تصحیح مقاله تا روی نمونه‌های چاپیِ مکررِ چاپخانه، ادامه می‌یافت.

این تردید ودودلی را دانشمند دانمارکی درسایر اوقات زندگی هم داشت. تعریف می‌کنند، درموقع افزودن یك بال جانبی به ساختمان انستیتو، استادِ بنایی که همراه بور بود به او گفت: «اگر می‌خواهید باز هم جای این دیوار را تغییر دهید، زودتر به من بگویید، چون تا چند ساعت دیگر سیمان، خودش را می‌گیرد.»

کوران[55]، ریاضیدان و دوست قدیمی خانواده حکایت می کند که *نیلس* و زنش ماگرته[56] می خواستند یك کالسکهٔ بچه بخرند؛ در انتخاب مدل کالسکه با هم اختلاف سلیقه داشتند، هر کدام یك مدل را پسندیده بودند. سر انجا ماگرته تسلیم نظر شوهرش شد و آنها مدل مورد پسند نیلس را خریدند. در بقیهٔ ساعات آن روز نیلس، گرفته به نظر می رسید؛ زنش از او می پرسد چرا خوشحال نیستی؟ حالا که به میل تو انتخاب شده. او پاسخ می دهد، این طور برنده شدن را اصلا دوست ندارم. موافقت زبانی او را خرسند نمی کرد، خواستار موافقتی از روی رضای دل بود.

«نباید در خردمندی بور تردید کرد»

لطیفه‌های زیاد دیگری دربارهٔ دانشمند دانمارکی نقل می شود. روایت می کنند روزی پیپ به دهن و کبریت به دست در حال بحث دور یك میز می چرخد و برای روشن کردن پیپ، مرتب کبریت می کشد و کبریتها در دستش خاموش می شوند، سرانجام زیر سیگاری از چوب کبریت سوخته پر می شود، ولی پیپ هنوز روشن نشده است.

در طی یك کنفرانس در ۱۹۳۲، او روی تختهٔ سیاه، گزارش اکتشافی بسیار مهمی را ارائه می داد؛ در یك دست گچ در دست دیگر تخته پاك کن، نگارش معادلات را هنوز تمام نکرده تخته را پاك می کند. ناگهان در میان جمع *پُل اِهرِنفست* با صدای بلند می گوید: «بور، این تخته پاك کن را بده به من». با لبخندی غمگنانه بور دستور را اجابت می کند.

همچنین روایت می کنند وقتی او به مراسم توزیع جایزه‌های نوبل به حضور پادشاه سوئد می رسد، متن خطابه‌ای را که باید قرائت می کرد در هتل جا گذاشته بود.

کارل فون ویتساکر روایت می کند وقتی که خیلی جوان بود به تقاضای بور مقاله‌ای نوشته بود. بور محقق را می پذیرد، دستنویس مقاله را از میان انبوه کاغذها بیرون می کشد و می گوید «خیلی خوب، حالا همه چیز روشن است. امیدوارم که شما آن را بزودی منتشر کنید». فیزیکدان آلمانی فکر کرد بور هنوز وقت نکرده است متن مقاله را بخواند، اما بور در ادامهٔ سخنانش افزود: «اما فقط برای روشن شدن مطلب، معنای

---

55. Courant 56. Magrethe

فرمول صفحه فلان چیست؟» بعد: «آه: فهمیدم، اما درصفحه بهمان شما می خواهید بگویید که...؟» وهمین طور الی آخر به مدت دوساعت. درپایان، بور با حالتی ظفرمند، اما ظاهراً بدون هیچ بدخواهی می گوید: «حالا همه‌چیز را می فهمم. همه چیز درست خلاف آن چیزی است که شما نوشته‌اید!»

فیزیکدان همیشه، حتی وقتی هم که کاملا مخالف بود، خیرخواه و مؤدب بود. همکارانش به شوخی برخی از جمله‌هایش را تکرار می کردند:

«نمی خواهم از شما انتقاد کنم، اما آنچه که شما گفته‌اید بی معناست.» روزی، به پائولی می گوید: «اما ما با یکدیگر بیشتر از آنچه شما فکر می کنید توافق داریم!»

به سه مناسبت، فیزیکدانان انستیتو کپنهاگ، روزنامهٔ کوچکی به نام *روزنامهٔ فکاهی فیزیك*[57] منتشر کردند. در یك شماره از این روزنامه، قصه‌ای از هندریك

نمایشنامهٔ *تقلید از فاوست* که فیزیکدانان انستیتو کپنهاك در ۱۹۳۲ به مناسبت یکصدمین سال درگذشت گوته ارائه کردند. سمت چپ فرشتگان مقرب اسرافیل، جبرئیل و میکائیل در هیئت اختر فیزیکدانان: آ. س. ادینگتون[58]، جی. اچ. جینز[59] و ا. آ. میلن[60].
سمت راست، شیطان در هیئت و. پائولی.

---

57. *Journal of Jocular Physics*

58. A.S. Eddington 59. J.H.Jeans 60. E.A.Milne

کازیمیر درج شده است که با این بیت خاتمه می‌یابد:

«دانش خیر و شر از اول بر ما معلوم بود
خردمندی بور جای تردید نبود.»

در ۱۹۳۲، فیزیکدانهای انستیتو کپنهاك، به مناسبت یکصدمین سال مرگ گوته، به تقلید از فاوست، نمایشنامهٔ طنزآمیزی نوشتند. متن نمایشنامه را ماکس دلبروك با کمك اِ. تلر، ف. بلوخ وك. ف. ویتساکر نوشته بود. اِهْرِنفست در نقش فاوست ظاهر می شد، نیلس بور به عنوان «خدا-پدر» ظاهر می شد که نقش او را ف. بلوخ ایفا می کرد. ولفگانگ پائولی در هیئت شیطان ظاهر می شد که نقش اورال. روزنفلد بازی می کرد.

ــ خدا: «بیش از این چیزی نداری به ما بگویی؟ آیا شده هیچ وقت جز برای شکایت کردن نزد ما بیایی، و به نظر تو هیچ چیز خوبی در فیزیك نیست؟»

ــ شیطان: «هیچ، خدایا، کارها در فیزیك مثل همیشه خراب است.»

برای جوان بازدیدکننده‌ای که از مشاهدهٔ شوخیهایی که در انستیتو می شد و از روال گاهی غیرمؤدبانهٔ بحثها تعجب می کرد، بور توضیح می دهد: «گاهی وقتها چیزها به قدری جدی هستند که فقط با شوخی می توان با آنها طرف شد.»

روزی بور به مناسبت برگزاری سمیناری در انستیتو پ. کاپیتسا[۶۱] در مسکو، درمصاحبه‌ای شرکت کرد و *لیف لانداو*، فیزیکدان روسی، از او می پرسد، چه سرّی در اوست که آن همه فیزیکدان جوان پر استعداد را دور خودش جمع کرده است. بور پاسخ می دهد: «هیچ سرّی درمیان نیست، جز اینکه من هیچ وقت از آن ترسی نداشته‌ام که در نظر جوانان نادان جلوه کنم». اِ. لیفخیتز[۶۲] که سخنان بور را به روسی ترجمه می کرد، در ترجمه اشتباه کرد و گفت: «... جز اینکه من هیچ وقت ترسی نداشته‌ام که به جوانان بگویم که کودن هستند.» حاضرانی که انگلیسی می دانستند شلیك خنده را سر دادند، و لیفخیتز جمله را اصلاح کرد. پ. کاپیتسا متوجه شد که این اشتباه، معنادار است، زیرا درشرایط مشابهی ممکن بود پاسخ لانداو چنین باشد، چون او به سختگیری و پرخاشگری شهرت داشت.

بور اغلب اوقات فیزیکدانان را به اقامتگاهش در کارلسبرگ یا به خانهٔ ییلاقیش در تیسویلد[۶۳] دعوت می کرد. او همه رقم مهمان داشت: همکاران دانشگاهی درسایر

---

61. P. Kapitsa 62. lifchitz 63. Tisvilde

رشته‌ها، مقامات دولتی دانمارك، هنرمندان، سیاستمداران. خانه‌اش درست مثل یك آکادمی یونانی بود. مکالمات از فیزیك به فلسفه، از هنر به تاریخ و از سیاست به رویدادهای روزمره کشیده می شد.

در تیسویلد، بور برای مهمانانش، محققان انستیتو، از رویدادهای تاریخ کشورش یا از افسانه‌های کهن صحبت می کرد. همچنین می توانست تبر به دست بگیرد و هیزم بشکند. همکارانش را برای گردش به جنگل می برد و دَم به دَم در برابر این یا آن گیاه، این یا آن جانور، زبان به تحسین می گشود. بور برای مهمانانش این لطیفه را حکایت می کرد: «روزی به خانهٔ دوستی رفتم که بالای سر درِ ورودی خانه‌اش نعل اسبی کوبیده بود، من تعجب کنان پرسیدم «نمی دانستم که خرافاتی هستی؟» دوستم پاسخ داد: «من خرافاتی نیستم، اما ظاهراً این نعل اسب، حتی برای کسانی که به آن معتقد نیستند، خوشبختی می آورد.»

او شنا را دوست داشت، وهایزنبرگ روایت می کند، روزی به اتفاق هم در دریا خیلی پیش رفته بودیم وجریان مخالفی ما را می کشید و چیزی نمانده بود که هردومان هرگز بازنگردیم که درست به موقع به یك تپهٔ ماسه برخوردیم.

دانشمند در شهرش سرشناس بود. ویسکوف روایت می کند که شامگاهی بور را تا ایستگاه اتوبوس همراهی می کردم. فیزیکدان دانمارکی در حال استدلال قضیه‌ای بود که اتوبوس رسید. یك دست به دستگیره یك پا روی رکاب اتوبوس، او همچنان به سخنانش ادامه داد. چند دقیقه‌ای حرف زدن او در همین حالت ادامه یافت. نه مسافران اتوبوس و نه راننده، حوصله‌شان سر نرفت: «عجله نکنید آقای بور».

به مناسبت یکصدمین سال تولدش در ۱۹۸۵، از پیکرهٔ نیم تنهٔ دانشمند، روبه‌روی دانشگاه قدیمی، در مرکز کپنهاگ، پرده‌برداری شد. برای فیلمبرداری تلویزیونی، دوچرخهٔ کهنه‌ای را که بور برای رفت و آمد در شهر سوارش می شد آوردند و آن را سهل انگارانه به پایهٔ مجسمه تکیه دادند. عابری که از ماجرا بی خبر بود، خواست دوچرخه را که به نظرش مجسمه را از جلوه می انداخت بردارد که اعتراضهای جمعیت حاضر او را متوجه کرد.

هر چند وقت به چند وقت بحثهایی و گاه تجربیاتی دربارهٔ بنیادها و خصلت کامل مکانیك کوانتومی، صورت جدید از مناظرهٔ قدیمی اینشتین-بور، زنده می شود. ل. لانداو روزی به‌دانشجویانش گفت: «مکانیك کوانتومی را لازم نیست فهمید، باید به آن عادت کرد.» ازمکانیك کوانتومی با موفقیت زیاد ابتدا برای توصیف اتمها و مولکولها، سپس برای هسته‌ها و آنگاه برای ذرات بنیادی استفاده شد و به برکت آن، شناختهای جدیدی به‌دست آمد.

شمار زیادی از شاگردان و از همکاران بور، که به خاطر تحقیقات شخصیشان سرشناس بودند، استادان بزرگی شدند و به نوبهٔ خودشان مکتبهایی تأسیس کردند.

یکی از پسران *نیلس بور* به نام *ایج بور*[۶۴] با همکاری فیزیکدان امریکایی بِن *موتلسون*[۶۵]، زمانی که هنوز پدرش زنده بود، در انستیتو کپنهاك، مدل هسته‌ای جدیدی موسوم به مدل جمعی را بسط دادند که اجازه می‌دهد به طرز رضایت بخشی حالات هسته‌های تغییر شکل یافته را توصیف کرد.

ورنر هایزنبرگ در کشورش، پیش از کشانده شدن در گردباد نازیسم و جنگ، استاد عالیمقامی شد.

ولفگانگ پائولی، با روحیهٔ انتقادی همیشه بیدار، در زوریخ به تدریس اشتغال داشت. پدر اصل طرد (اصل پائولی) و نوترینو در سالهای ۱۹۵۰ به اتفاق و. هایزنبرگ نظریهٔ جدید ذرات بنیادی را که به یك معادلهٔ واحد منتهی می شد بسط دادند. پائولی دربارهٔ این نظریه در اوایل سال ۱۹۵۸ در دانشگاه کلمبیا گزارشی داد که سخنانش را با این جمله به پایان رساند: «ممکن است شما فکر کنید که این اندیشه‌ها دیوانگی است» از بور که در جمع حاضران بود نظرش را پرسیدند، گفت: «متأسفانه این اندیشه‌ها برای یك نظریهٔ جدید بنیادی خیلی هم دیوانگی نیست».

ماکس دلبروك به زیست شناسی روآورد و تحقیقات جالبی در ایالات متحدهٔ امریکا روی ویروسهای باکتری خوار به عمل آورد.

هندریك کازیمیر نقش بسیار مهمی در توسعهٔ فیزیك در هلند ایفا کرد.

لیف لانداو پس از آنکه چند سالی را در خارکف گذراند، رئیس بخش فیزیك نظری انستیتو پ کاپیتسا در مسکو شد. او که به خاطر کلیات فیزیك نظریش سرشناس است،

---

64. Aage Bohr 65. Ben Mottelson

نیلس بور با دوچرخه‌اش به انستیتو فیزیك نظری کپنهاگ می‌رسد، اوت ۱۹۴۵، پس ازبازگشتش از ایالات متحدهٔ امریکا.

مکتب مشهور فیزیك نظری را در اتحاد جماهیر شوروی تأسیس کرد. برای کسب عنوان «شاگرد لانداو»، داوطلب باید از «حداقل نظری»، مجموعه آزمونهای فوق‌العاده دشواری که خودش وضع کرده است، موفق بیرون آید.

رودولف پیرلز به انگلستان بازگشت، ابتدا در دانشگاه بیرمنگام، سپس در اکسفورد، در فیزیك نظری عدهٔ زیادی تئوریسین تربیت کرد.

ویکتور ویسکوف در ایالات متحدهٔ امریکا، استاد انستیتو تکنولوژی ماساچوست (ام. آی. تی.) شد؛ تحقیقات او در فیزیك هسته‌ای شهرت دارند و چند سال مدیر «مرکز اروپایی پژوهشهای هسته‌ای» در ژنو بود.

خردمند، خردمندان دیگری تربیت کرده بود.

۵

پنجشنبه

پروتون مثل یك تمشك است با هسته‌هایش

پنجشنبه شب همهٔ صندلیهای تالار بزرگ اشغال شده بود که روایتگر داخل شد. اوکت مخملی به تن داشت و وقتی شروع به صحبت کرد چهره‌اش به تبسمی شکفت.

نام من ریچارد بلاکهد[1] است؛ محقق دانشگاه کالج لندن هستم و تحصیلات عالی را دردانشگاه بریستول[2] انجام داده‌ام. غالباً گفته می شود که فیزیك ذرات در ۱۹۴۷ در این شهر پا به هستی نهاده است، اما شاید لازم باشد چند سالی در تاریخ به عقب برگردیم و قاره عوض کنیم، زیرا در اکتبر ۱۹۳۴ بود که یك فیزیکدان جوان ژاپنی به مکاشفهٔ جالبی دست یافت.

چگونه میکادو تصمیم می گیرد قدم به عصر جدید بگذارد

در سالهای ۱۹۳۰ ژاپن در عین حال، هم کشوری مدرن بود، هم سنتی. جالب این است که اکتشاف بنیادین فیزیك در کشوری صورت می گیرد که یك قرن پیش از آن، رو به گذشته داشت و در انزوا به سر می بُرد. برای آنکه بدانیم چه اتفاق افتاده است، چند کلمه‌ای دربارهٔ تاریخ ژاپن با شما صحبت می کنم.

---

1. Richard Blackhead 2. Bristol

صحنه‌ای گویا از ژاپن نیمهٔ قرن نوزدهم (گراور هوکوسای[3])

جامعهٔ ژاپنی درنیمهٔ قرن نوزدهم یك جامعهٔ فئودالی و طبقاتی بود. جامعه از چند «کاست» یا طبقه تشکیل می شد، کاست نجسها به مشاغلی پست اشتغال داشتند و حق آمیزش با کاستهای دیگر جامعه را نداشتند. کاستهای دیگر عبارت بودند از دهقانان که اکثریت داشتند، کارگران، پیشه‌وران، بازرگانان و نجبای نظامی. همه دارای این غرور بودند که به ملتی استثنایی تعلق دارند. کشور به ۲۷۵ مِلك اربابی تقسیم شده بود و ارباب دایمیو[4] از قدرتی بی چون وچرا برخوردار بود؛ او حق ضرب سکه را داشت و بر گروه جوانمردان سامورایی[5] که از مقررات عادی معاف بودند و حق داشتند شخصاً حکم عدالت را جاری کنند، فرمان می‌راند. امپراتور میکادو[6] که قدرتش منشأ الهی داشت از چند قرن به این طرف بیشتر حضور معنوی داشت و ادارهٔ امور کشور را به مقتدرترین دایمیو که شوگون[7] نامیده می شد، سپرده بود. قدرت شوگون، مطلق و موروثی بود و از پدر به پسر انتقال می یافت.

---

3. Hokusai 4. daimio 5. samourai 6. Mikado 7. Shogun

به رغم انتقادات برخی از روشنفکران به نظر نمی‌رسید چیزی بتواند ارکان این جامعه را سست کند و به ۷۰۰ سال قدرت نظامی خاتمه دهد. ژاپن در چهار دیواری خودش زندگی می کرد: تجارت با خارج ممنوع بود و تنها شرکت هلندی هند شرقی از ۲۰۰ سال پیش اجازه یافته بود شعبهٔ کوچکی در جزیرهٔ دیشیما[8] نزدیك ناگازاکی[9] دایر کند.

باری، یك روز مقامات ژاپنی از هلندیها می شنوند که قدرتهای غربی با هم در حال مشورت هستند که راهی پیدا کنند تا دروازه‌های ژاپن را به روی تجارت با خارج بگشایند. روز ۸ ژوئیهٔ ۱۸۵۳ نشانه‌های هراسی میان ساحل نشینان خلیج اِدو[10] ظاهر می شود: اولین بار یك امریکایی به نام ناخدا پِری[11] با «کشتیهای سیاهش» وارد بندر می شود. چند گلولهٔ توپ به افتخارش شلیك می شود که بیشتر به تیر اخطار شبیه است. ناخدا پری نامه‌ای از طرف رئیس جمهوری ایالات متحدهٔ امریکا به شوگون می دهد که در آن ابراز تمایل کرده بود چند شرکت بازرگانی در ژاپن تأسیس کند. ناخدا نُه ماه بعد برای دریافت پاسخ بازمی گردد، اما با ۲۵۰ عرّاده توپ بر روی عرشهٔ کشتیها. در برابر این تهدید، دو بندر به روی تجارت با امریکا گشوده می شود، سپس بندر سومی هم به آنها افزوده می گردد. معاهدهٔ کاناگاوا[12] به قدرتهای بزرگ دیگر، مثل انگلستان، روسیه، فرانسه اجازه می‌دهد که از این شکاف ایجاد شده رخنه کنند.

در برابر قدرت نمایی دنیا، ژاپن مجبور می شود تصمیم سرنوشت سازی بگیرد و از سیاست انزواطلبیش منصرف شود، در گزارشی چنین آمده است: «در کشورهای بزرگ خارجی، فن دریانوردی، وسایل نظامی به حد اعلا توسعه یافته‌اند. اگر کشور ما مورد هجوم قرار گیرد، به ما آن رسد که به چین رسیده است. ژاپن باید منابع اقتصادی و نیروهای نظامیش را مطابق الگوی غربیها توسعه دهد. آنگاه ما خواهیم توانست در کنسرت ملل وارد شویم. موقعیت ملی ژاپن مستحکم خواهد شد و امکان خواهد یافت نقش مقدّرش را ایفاء کند.» بعد از آن، اصلاح طلبان ترقیخواه یکصدوبیست و دومین امپراتور ژاپن، موتسوهیتوی[13] جوان را تشویق می کنند که قدرت واقعی را از شوگون بازپس بگیرد. منشور پنج ماده‌ای روز ۶ آوریل ۱۸۶۸ اعلام می شود و پایتخت از کیوتو

---

8. Deshima 9. Nagasaki 10. Edo 11. Perry 12. Kanagawa
13. Mutsu Hito

به اِدو، «پایتخت شرق» یا توکیوی کنونی منتقل می شود. در منشور، همهٔ اصول پیشرفت، که اصلاح طلبان برای زدودن آثار سیاسی، اجتماعی و اقتصادیِ گذشته از آن الهام می گیرند، خلاصه شده است. این، آغاز «عصر مِیجی»[۱۴] (حکومت روشن) است.

امپراتور اعلام می کند: «رسمهای کهنه را وقتی که بیهوده اند باید به دور ریخت.» باید از مکتب کشورهای صنعتی درس گرفت. باید از غربیها تقلید کرد تا از آنها پیش افتاد. در سنت ژاپنی، تقلید از یك استاد مجرّب، رفتاری بسیار پسندیده است، زیرا اجازه می دهد که شخص تجربه پیدا کند و از خامی بیرون آید؛ هدف اول اصلاحات، سازمان آموزشی است. از ۱۸۸۲ هر ژاپنی، پسر یا دختر، باید به مدرسه برود. مطبوعات توسعه می یابد. خدمت زیر پرچم برقرار می شود، به قدرت سامورایيها خاتمه داده می شود. در ۱۸۸۹، یك قانون اساسی، که دمکراسی در آن هدف نیست، توشیح می شود. امپراتور اعلام می کند که شایسته است «یك نظام حکومتی دائمی هماهنگ با گام پیشرفت ملی ایجاد گردد». همه چیز را باید از نو ساخت: باید تأخیر چند قرنی را جبران کرد. در طول عصر میجی است که راه آهن، ناوگان دریایی، کارخانه‌ها و بانکها ایجاد می شوند.

در سال ۱۹۰۰، وجود ۳۰۰۰ کارخانه، ژاپن را به بزرگ ترین قدرت اقتصادی آسیا مبدّل می کند. نظام اداری با الهام از ایده‌های حقوقدان فرانسوی بواسوناد[۱۵] طراحی می شود، آموزش ابتدایی را یك نفر امریکایی به نام دیوید موری[۱۶] پی ریزی می کند؛ آموزش ارتش ابتدا به فرانسویان، سپس به آلمانیها سپرده می شود؛ کار ساختمان راههای آهن و نیروی دریایی به انگلیسیها واگذار می شود. این مشارکتِ بیگانگان می توانست نتایج شومی به بار آورد، اما بر عکس، در چند دهه، ژاپن به اتکای انضباط و وظیفه شناسی شهروندانش، به قدرتی برابر با رقیبانش مبدل می شود، بدون آنکه ملت ژاپن روحیه اش را ازدست بدهد. در همان دوره ای که چین زیر سلطهٔ غربیها کمر خم کرده است، ژاپن شانه به شانهٔ آنها پیش می رود. شینتوئیسم[۱۷]، دین ژاپنی، نزد فرد فرد ملت، احساس غرور ملی و تعلق به نژادی متمایز را برانگیخته بود؛ رمز شرف

---

14. l'ere Meiji 15. Boissonnade 16. David Murray
17. shintoisme

سامورایها «بوشیدو»[۱۸]، به برکت توسعهٔ آموزش و پرورش، رمز شرف همهٔ ملت می‌شود. این خصوصیات ملّی در عین حال نتایج منفی نیز به بار می‌آورد: از ۱۹۱۲ توتالیتاریسم با قدرت فزایندهٔ نظامیان رشد می‌یابد و به یك ایدئولوژی توسعه‌طلبانه سوق پیدا می‌کند.

مستشاران خارجی که برای آموزش فنون خود به ژاپن آمده بودند دیر زمانی درآنجا نمی‌مانند؛ جوانان ژاپنی که بیشتر از دایمیوها یا پسران دایمیوها بودند که از طرف حکومت پادشاهی برای تحصیل به اروپا اعزام شده بودند، به سرعت قابلیت جایگزینی آنها را پیدا می‌کنند. همین ژاپنیهای به ظاهر غربی شده، استادان نخبگان آینده خواهند شد؛ نخبگانی نظیر هیدکی اوگاوا[۱۹]، که پس از ازدواجش بر طبق رسم متداول آن عصر به فرزندخواندگی خانوادهٔ زنش پذیرفته شد و نامش را به هیدکی یوکاوا[۲۰] تغییر داد.

«دانستن... ماهی... خوشبخت...»

اگر امروز اتفاقاً از یك جوان ژاپنی دربارهٔ مردان بزرگ کشورش در طول قرنها پرسش شود، احتمالا ازده نفر نام خواهد برد که یکی از آنها هیدکی یوکاواست. البته شایستگی علمی به تنهایی این مقام ممتاز را توجیه می‌کند، اما برای دست یافتن به افتخاری همتای امپراتور، چیزی بیشتر از آن لازم است. در واقع، یوکاوا نماد ژاپن معاصر است؛ کشوری که ترکیب سنت و ترقی را تحقق بخشیده است. یوکاوا در خاطراتش می‌نویسد «خانهٔ ما شبیه یك معبد است» کمی دورتر اضافه می‌کند «آیا می‌توانستم پیش بینی کنم که درشکل دادن به فیزیك نوین سهیم خواهم بود؟» اعطای جایزه نوبل فیزیك به یوکاوا در ۱۹۴۷، در سیاه‌ترین سالهای تاریخ ژاپن نوین، پس از شکست ۱۹۴۵، برای جوانان ژاپنی آن دوره نشانه‌ای از حق شناسی بین المللی هم بود.

یوکاوا در ۲۳ ژانویهٔ ۱۹۰۷ در توکیو، در خانواده‌ای دانشگاهی متولد شد ــ پدرش استاد زمین شناسی دانشگاه کیوتو بود ــ یوکاوا دلش می‌خواست «کاشف یك

---

18. bushido 19. Hideki Ogawa 20. Hideki Yukawa

سرزمین ناشناخته باشد، آبادکنندهٔ یك کشور نو». او دورهٔ نوجوانیش را در کیوتو گذراند و تحصیلات عالی را در دانشگاه سلطنتی ادامه داد. پس از شش سال تدریس در دانشگاه اوزاکا، به کیوتو بازگشت و بیشتر ایام زندگیش را در آنجا به سر برد.

پی یر لوتی[۲۱]، سیاح معروف دربارهٔ شهر کیوتو می نویسد: «در شهر خدایان از هیچ چیز تعجب نمی کنند». کیوتو از سال ۷۹۴ پایتخت ژاپن شد، در زمان جنگ جهانی دوم به برکت مداخلهٔ کمیته‌ای از دانشمندان و تاریخدانان امریکایی به خاطر گنجینهٔ آثار هنریش، از آسیب جنگ درامان ماند. شهر کیوتو که اطراف آن را تپه‌هایی فراگرفته است، بر روی دریاچهٔ قدیمی بنا شده است. در دو ساحل رود کامو[۲۲] بولوارهای وسیع طولی و خیابانهای عرضی به سبك شهرهای قدیمی چینی بنا شده است. کیوتو مرکز امپراتوری بود، با وجود این، پس از انتقال دارالحکومهٔ شوگونی در اوایل قرن هفدهم به اُدو، آن طور که رادیرد کیپلینگ[۲۳] توصیف می کرد، پایتخت «خوشبخت تن آسا، شکوهمند» کمی خواب آلود بوده است. در این شهر، بیش از ۲۰۰ معبد، صومعه، نمازخانه، موزه و قصر از جمله قصر قدیمی سلطنتی وجود دارد. در برابر برخی از معابد، ردیفی از «توری[۲۴]» چوب سرخ: ستونهای کیش شینتویی برپا شده است. در مدخل اماکن مذهبی، مانند مدخل منازل مسکونی، رسم براین است که کفشها را از پا دربیاورند. درون خانهٔ ژاپنی، با حصیر «تاتامی[۲۵]»، درهای کشویی (اورُسی) و قسمت شاه نشین ــ که محراب را تداعی می کند ــ با دسته گلی کوچك و طوماری خطی تزیین شده است. قصر سلطنتی مثل بسیاری از معابد، درون باغهای پهناور بنا شده است. فیزیکدان آیندهٔ ما در سالهای تحصیلیش انشای کوتاهی به زبان فرانسه با این مضمون نوشته است: «بهترین ایام سال، پاییز است، برگهای پژمرده، گذرگاههای مارپیچ را که ازمیان درختان کهنسال قصر می گذرند، پوشانده است؛ برگهای خشك، زیر سندلهایم خرد می شوند؛ این صداهای سبك چونان پژواکی فراموش ناشدنی درضمیرم حك

---

۲۱. Pierre Loti نام مستعار لوئی ماری ژولین ویو (۱۸۵۰ ـ ۱۹۲۳) افسر دریایی و نویسندهٔ فرانسوی است که به ایران نیز سفر کرده است. ــم.

22. Kamo

۲۳. Rudyard Kipling شاعر و داستان‌نویس انگلیسی (۱۸۶۵ـ۱۹۳۶) برندهٔ نوبل ادبی ۱۹۰۷. ــم.

24. tori 25. tatami

شده‌اند.»

هیدکی، که در ۱۹۲۳ در ۱۶ سالگی وارد دبیرستان شده، با وجود استعداد فراوان در ریاضیات به فیزیك علاقه‌مند می شود. او به سهولت، همهٔ مسائل کتابهای کلاسیش را حل می کند، اما در کارهای دستی چندان مهارتی ندارد. یوکاوا دلیل علاقه‌اش را به فیزیك نظری بارها توضیح داده است. اهل معاشرت نبوده است و به عرصه‌ای کشانده شده است که درآن، تماسهای انسانی نقشی اصلی ندارند. علوم اجتماعی برایش جالب نبودند؛ او موضوعاتی را ترجیح می‌داد که می توانست به تنهایی رویشان کار کند.

همین که می تواند به زبان آلمانی چیز بخواند، کتابی در فیزیك نظری از ماکس پلانك را مطالعه می کند و درمی یابد که در فهمیدن آن مشکلی ندارد. این نگرش جدید فیزیك، او را شیفته می کند. اودرسهای مکانیك را هم دنبال می کند. هیدکی اوگاوا تصمیم می گیرد وارد دانشگاه کیوتو بشود، که پدرش در آنجا رئیس دانشکده شده بود. در آنجا او یکی از هواداران پروپاقرص فیزیك کوانتومی می شود.

در پایان تحصیلات و اخذ دیپلم دانشگاهی به عنوان مربی بدون حقوق دردانشگاه سلطنتی کیوتو متصدی تدریس مکانیك کوانتومی می شود. درسال ۱۹۳۲ که نوترون و پوزیترون (الکترون مثبت) کشف می شود، او با دوشیزه سُومی[۲۶]، دختر دکتر یوکاوا اهل اوزاکا ازدواج می کند.

مربی جوان درتحقیقاتش همان قدر که از شناختهایش در ریاضیات و در فیزیك استفاده می کند، از معرفت شهودی خود نیز که از حکمت فلاسفهٔ قدیمی خوشه چینی کرده بهره می گیرد. تا آنکه روزی یوکاوا به استعارهٔ زیر برمی خورد که از فصل ۱۷ طغیان پاییز، از کتاب *چوانگ ـ تسه*[۲۷] استخراج شده و به نظرش بازتاب تفسیری است دربارهٔ اصالت عقل و اصالت تجربه در علوم. چه چیز را می توان مشاهده کرد؟ چه چیز را می توان بررسی کرد؟ «روزی چوانگ ـ تسه در رودخانهٔ هائو[۲۸] با هویی ـ تسه[۲۹]، حکیمی که اهل مجادله بوده گردش می کرده. به هنگام عبور از روی یك پل به هویی ـ تسه می گوید:

ــ نگاه کنید به ماهیهایی که روی آب ظاهر می شوند و به راحتی شنا می کنند. چنین

---

26. Sumi 27. Chang-tze 28.Hao 29. Hui- tze

است که ماهیان خوشبختند.

بلافاصله هویی-تسه پاسخ می‌دهد:

ــ شما که ماهی نیستید، از کجا می‌دانید که ماهیها این چنین خوشبختند؟

چوانگ-تسه پاسخ می‌دهد، شما من نیستید، چگونه می‌دانید که من نمی‌دانم خوشبختی ماهیها چیست؟

هوئی-تسه ظفرمندانه پاسخ می‌دهد، البته، من نمی‌دانم که شما چه می‌دانید و چه نمی‌دانید. بر همین قیاس، شما هم که ماهی نیستید و در نتیجه نمی‌دانید که ماهیها چه احساسی دارند. حالا پاسختان چیست؟

فیلسوف می‌گوید، صبر کنید. برگردیم به پرسش اوّلتان. شما از من پرسیدید، چگونه می‌توانم بدانم که ماهیها خوشبختند. پس شما قبول می‌کنید که من آن را می‌دانستم. زیرا شما از من می‌پرسید: از کجا آن را می‌دانستم؟ خیلی ساده، با نگاه کردن به آنها از بالای پل. دانستم که ماهیها خوشبختند».

این جملهٔ آخری به کمك مفهوم‌نگار به صورت زیر نوشته می‌شود:

zhi	yu	le
دانستن	ماهی	خوشبخت

آیا نمی‌توان این سه «حرف» را کلمهٔ ساده مکاشفه تعبیر کرد؟

حالا به دنیای فیزیك برگردیم. پیش از ۱۹۳۲ از هستهٔ اتم چه می‌دانستند؟ تصور می‌شد که هسته از پروتونها و از الکترونها تشکیل شده است. اینها تنها «ذرات بنیادین» شناخته شده تا آن زمان بود. اتم هیدروژن که کوچك‌ترین و ساده‌ترین اتم است، فقط یك پروتون دارد. بار الکتریکیش مثبت است و جِرمش در حدود ۲۰۰۰ برابر جرم الکترون است. در آن زمان پذیرفته شده بود که هسته‌های سنگین ممکن است از هسته‌های سبك‌تر تشکیل شوند. چرا الکترونها ضرور بودند؟ تنها به این خاطر که بارهای الکتریکی منفی برای جبران جزئی بار الکتریکی مثبت پروتونها در هستهٔ عناصری غیر از هیدروژن ضرور بودند؛ بدین ترتیب، احتمال می‌رفت که هستهٔ کربن از ۱۲ پروتون و ۶ الکترون تشکیل شده باشد. علاوه بر این، برخی از هسته‌های سنگین

رادیو اکتیو مثل رادیوم D، یك محصول رادیوم، خودبه‌خود در رادیو اکتیویتهٔ بتا الکترونهایی گسیل می کرد.

با این همه، این توصیف با مشکلاتی مواجه شد که پس از کشف نوترون به توسط جمس چادویك[۳۰] در آغاز ۱۹۳۲، در پی آزمایشی که فردریك و ایرن ژولیو-کوری انجام داده بودند، رفع شد. توصیف تازه‌ای از هسته ــ متشکل از پروتونها و نوترونها ــ لازم آمد، که توصیف امروزی ما از هسته است. قبل از همه، هایزنبرگ تصور کرد نوترون هم باید خودش یك ذرهٔ بنیادین باشد: پروتون و نوترون که تقریباً هم جرمند، دو نوع از یك جنس ذره‌اند که نوکلئون نامیده شده است.

آنگاه می شد «انرژی بستگیِ» یك هسته را، انرژی لازم برای جداکردن آن از همهٔ ذرات بنیادیش تعریف کرد. با مقایسهٔ ترکیب، اندازه‌ها و انرژی بستگیِ سبك‌ترین هسته‌ها، یعنی هستهٔ هیدروژن سنگین ــ دئوترون ــ و هستهٔ هلیومِ چهار ــ که ذرهٔ آلفا هم نامیده می شود ــ، فیزیکدان امریکایی مجاری تبار، اوژن ویگنر[۳۱] ثابت کرد که نوترونها و پروتونها دریك هسته باید بین خودشان با قدرتهایی متمایز از قدرتهای الکترومغناطیسی، که پیوندهای شیمیایی را تأمین می کنند، پیوند داشته باشند. برخلاف قدرتهای الکترومغناطیسی، قدرتهای هسته‌ای باید خیلی نیرومند و بُرد آنها باید خیلی کوتاه بوده باشد، فاصله‌ای کمتر از $۱۰^{-۱۳}$ سانتیمتر یعنی ده‌میلیونیم میلیونیم سانتیمتر. ابتدا فکر کردند که قدرتهای مهم، آنهایی هستند که میان نوترونها وپروتونها برهم کنشی دارند، و این قدرتها، در تخمین اولیه، برای توضیح چسبندگی هسته‌های سبك کافی بودند. و بدین ترتیب از نظریه‌ای دفاع می شد که به موجب آن، هسته‌های سبكِ پایدار عموماً به تعداد مساوی پروتون و نوترون دارند. برای هسته‌های سنگین، علاوه بر قدرتهای هسته‌ای باید قدرت دفع الکتروستاتیکی (= دفع کولنی) میان پروتونهای همبار را هم به حساب آورد، که به موجب آن، هسته‌های پایدار سنگین تعداد نوترونهایشان بیشتر از پروتون است.

هایزنبرگ پیشنهاد کرد که عمل قدرتهای هسته‌ای به عنوان مبادلهٔ بار الکتریکی میان نوترون و پروتون ملاحظه شود، شبیه آنچه که در یك مولکول می گذرد. بدین ترتیب، اگر یك پروتون با انتقال بار الکتریکی مثبتش به یك نوترون مجاور، خودش به

---

30. James Chadwick 31. Eugène Wigner

یك نوترون مبدل می شود، نوترون مجاور هم به نوبهٔ خودش به یك پروتون مبدّل خواهد شد. به همین ترتیب، اگر یك نوترون با انتقال بار الکتریکی منفی به یك پروتون مجاور، خودش به یك پروتون تبدیل می شود، پروتون مجاور هم با انتقال بار الکتریکیش به نوترون مبدل خواهد شد. در این فرایند مبادله، جِرم تغییر نمی کند.

در چهارچوب چنین توصیفی، گسیل الکترونهای مشاهده شده در رادیو اکتیویتهٔ بتا را چگونه باید تبیین کرد؟ فیزیکدان ایتالیایی انریکو فرمی پاسخ این پرسش را در اواخر سال ۱۹۳۳ پیدا کرد. الکترون در لحظه‌ای که گسیل می شود در عین حال از یك ذرهٔ خنثی و از جرمی صفر ــ یا فوق العاده کوچك ــ نوترینو، تشکیل شده است، که وجودش را پائولی در ۱۹۳۰ زمانی که استاد دانشگاه زوریخ بود، پیش بینی کرده بود؛ به قسمی که یك نوترون می تواند با گسیل یك الکترون و یك پاد نوترینو به یك پروتون تبدیل شود. در رادیو اکتیویتهٔ بتا مثبت که در ۱۹۳۴ فردریك و ایرن ژولیو ـ کوری کشف کردند، یك پروتون با گسیل یك الکترون مثبت و یك نوترینو به نوترون مبدل می شود. دیراك ثابت کرده بود که با هر ذره، یك پاد ذره، با خصوصیاتی مخالف، متناظر است: مثلا، الکترون مثبت، پاد ذرهٔ الکترون عادی با بار منفی است؛ نوترینو هم یك پادذره دارد که پاد نوترینو نامیده می شود. در این فرایندهای تبدّل، مجموع جرم بعلاوهٔ انرژی و نیز مجموع بارالکتریکی واندازهٔ حرکت ذاتی پایسته است. پروتون، نوترون، الکترون و نوترینو ــ مثل توپیهای کوچك ــ یك حرکت چرخشی دور محور خودشان دارند که *اسپین* نامیده می شود. اسپینِ همهٔ این ذرات، یکی است و در تبدّل یك پروتون به نوترون، یا بالعکس، کل اسپینِ سیستم پایسته است.

ظاهراً همهٔ این فرضیات، منسجم به نظر می رسیدند و می شد حتی چنین عنوان کرد که در واقع قدرتهای هسته‌ای با مبادلهٔ یك زوج الکترون ـ نوترون میان دو نوکلئون متناظر است، همان طور که قدرتهای الکتر ومغناطیسی با مبادلهٔ یك فوتون میان دو ذرهٔ باردار، متناظر بود. اما محاسبه‌ای که ایگور تام[۳۲] از دانشگاه مسکو و د. ایوانکو[۳۳] از لنینگراد بر پایهٔ این فرضیه انجام دادند ثابت کرد که چنین قدرتی خیلی ضعیف است. رادیو اکتیویتهٔ بتا، در مقایسه با مبادلهٔ بار الکتریکی در قدرتهای هسته‌ای که می باید فرایندی سریع بوده باشد، فرایندی کُند بود. باری، ماهیّت قدرتهای هسته‌ای هنوز

---

32. Igor Tamm 33. D.Ivanenko

درپردهٔ اسرار مانده بود.

هیدکی یوکاوا در کیوتو به این استدلالهای کوتاه و بلند می اندیشید. فیزیك ژاپنی در ابتدای راهش بود؛ مجلات علمی دیر به دیر از اروپا و از امریکا می رسیدند. یوکاوا خودش هم اندیشیده بود که یك قدرت مبادله در یك هسته چه می توانسته است باشد. ابتدا او فکر کرده بود که مبادله ممکن است شامل مبادلهٔ یك الکترون مثبت یا منفی میان دو نوکلئون باشد، بدین ترتیب، نوترونها و پروتونها متقابلا به یکدیگر تبدیل می شدند. اما این نگرش با اصل بقای اسپین، منافات داشت. پس از خواندن مقالهٔ فِرمی، یوکاوا خودش نیز به این فکر افتاده بود که نوترون و پروتون با یك زوج الکترون ـ نوترینو، مبادله می شوند؛ با این همه، همان طور که دیدیم، چنین مبادله‌ای یك برهم کنشی قوی را بیان نمی کرد.

یوکاوا در ۱۹۳۳ به عنوان دانشیار دانشگاه اوزاکا منصوب شد. او در فکر این بود که برهم کنشی میان نوترون و پروتون را با یك میدان قدرت «U»، متشابه میدان الکترومغناطیسی، تعریف کند. قدرت هسته‌ای باید با مبادلهٔ ذره‌ای که آن را «U» می نامد متناظر باشد. چون ذرّه، شناخته شده نیست باید خواص این ذرهٔ ناشناختهٔ مبادله شده، از خصوصیات خود قدرت استنتاج گردد. یوکاوا خود چنین می نویسد: «درطول روز، ایده‌های خلاق از ذهنم نمی گذشت. رشتهٔ تفکرم در معادلات گوناگونی که روی تکه‌های کاغذ نوشته بودم از دست می رفت. در عوض، شب هنگام وقتی در رختخواب دراز می کشیدم ایده‌های جالب از ذهنم می گذشت؛ به نظرم می آمد که آنها رها از غل و زنجیر معادلات، بال گشوده اند». وقوع یك توفان دریایی، سپس تولد دومین پسرش فرصتی برای چند روز مرخصی و اقامت در نزد خانواده را به او داد. شبها دفتر یادداشتی دم دست می گذاشت تا اگر لازم شد ایده‌هایش را در آن ثبت کند.

شبی در اکتبر ۱۹۳۴ که بی خوابی به سرش زده بود، مکاشفهٔ عمده‌ای به او دست می دهد: قدرت هسته‌ای در فاصلهٔ کوتاه، کنش می کند و جرم ذرهٔ جدیدِ مبادله شده، به نسبت کوتاهیِ فاصلهٔ برهم کنشی باید بزرگ تر باشد. صبح فردا یوکاوا این مکاشفه را به صورت فرمول می نویسد و درمی یابد که ذرهٔ مبادله شده باید جرمی حدود ۲۰۰ برابر بزرگ تر از جرم الکترون داشته باشد. بارَش ــ مثبت یا منفی ــ باید با بار الکترون

مساوی باشد، اما اسپین آن به نظر یوکاوا باید صفر باشد. چنین ذره‌ای هنوز کشف نشده بود.

چندروزبعد یوکاوا ایده‌اش رادرنشستی با اعضای گروه فیزیك نظری مطرح کرد، سپس، در حضور اعضای بخش اوزاکای «جامعهٔ فیزیك-ریاضی ژاپن» گزارش داد. همهٔ حاضران با علاقه‌مندی زیاد گزارش رادنبال کردند. پروفسور یوشیو نیشینا[۳۴]، که در همان ایام در محافل علمی اروپا و امریکا فیزیکدانی سرشناس بود، به او تبریك گفت. یوکاوا نظریه‌اش را به زبان انگلیسی در «گزارشهای جامعهٔ فیزیك-ریاضی ژاپن» منتشر کرد. اوروایت می کند: «زنم مرتب به من می گفت: «خواهش می کنم این مقاله‌را به انگلیسی بنویس تادنیا درجریان آن باشد... من حالت مسافری راداشتم که درچایخانهٔ کوچکی برفرازکوهی صعب العبور استراحت می کند، ودراین ایام ازخود نمی‌پرسد آیا کوههای دیگری هم بر سرراه وجود دارند.»

دیروزباشما از«اصل عدم قطعیت» هایزنبرگ صحبت شد. به موجب این اصل، یك ذره با داشتن مقداری جرم ــ که با مقداری انرژی متناظر است ــ می تواند میان دو نوکلئون خیلی نزدیك مبادله شود، به شرطی که فرایند، خیلی سریع باشد. یك چنین مبادله‌ای بایدمرتباً میان نوکلئونهادریك هسته صورت گیرد. وقتی هم که یك هسته براثر برخوردی، به هسته‌ای دیگر خیلی نزدیك می شود، چنین مبادله‌ای امکان پذیر است. اگر ذرهٔ جدید «U» که جرمش میانیِ جرم الکترون وجرم پروتون یا نوترون است وبا نوکلئونها برهم کنشی قوی دارد، انرژی کافی دردسترسش نباشد، نمی تواند به حالت آزاد ظاهر گردد. برای اثبات وجود آن و مشاهده‌اش به حالت آزاد شده، به یك انرژی عظیم، بزرگ‌تر از انرژی جرمش در حالت سکون، نیاز خواهد بود. در آن زمان یك چنین انرژیی دردسترس نبود، مگر در «تابشهای کیهانی»، و این، آن چیزی بود که یوکاوا می گفت باید در جست‌وجویش بود.

از قلهٔ کوههای راکی تا سردابهای نزدیك واتیکان

تابشهای کیهانی چیست؟ برای پاسخ گفتن به این پرسش باید کمی در زمان به

---

34. Y. Nishina

عقب برگردیم و ببینیم که چگونه به وجود آن پی بردند. پیشتازان رادیواکتیویته درصدد بودند اندازه‌گیریهای دقیقی انجام دهند و ناچیزترین مقادیر رادیواکتیویته را ردگیری کنند. برای این منظور، همان طور که قبلا گفته شد، از الکتروسکوپها یا از اتاقکهای یونش استفاده می‌کردند و آنجا در حجم معینی از هوا یا از گازهای دیگر، مقدار یونیدگی، یعنی بار الکتریکی آزاد شده از تابشهای اجسام رادیواکتیو طبیعی را، اندازه می‌گرفتند. وقتی که همهٔ منابع رادیواکتیو را دور می‌کردند، بازجریان الکتریکی ضعیفی برجا می‌ماند. ابتدا علت آن را در یونیدگی الکتریکی رسانا‌ها دانستند؛ اما پس از همهٔ اقدامات احتیاطی باز هم همیشه یك یونیدگی بازمانده وجود داشت. آنگاه فکر کردند که منشأ آن در تابشهای خارجیِ گسیل شده از موادی است که معمولا در خاك پیدا می‌شود (مثلا گرانیتها) که درصد ضعیفی عناصر رادیواکتیو طبیعی نظیر پتاسیم ۴۰، اورانیوم یا توریوم دربردارد. برای حذف این تابشهای انگلی، آشکارساز را با ورقه‌های سرب پوشاندند. باز هم تابشی باقی بود. برای آنکه معلوم شود این تابش از رادیو اکتیویته موجود در اعماق زمین منشأ می‌گیرد، تجهیزات آشکارساز را به روی قایقی شناور در دریاچه‌ای عمیق منتقل کردند، سپس تصمیم گرفتند آشکارساز را روی سید سفینه‌ای هوایی قرار دهند؛ با این امید که پس از اوجگیری، تابشهای کمتری ثبت کنند. اما فیزیکدان اتریشی ویکتور ف. هِس[۳۵] در ۱۹۱۱ به روشنی پدیدهٔ معکوسی را مشاهده کرد: بالاتر از ۲۰۰۰ متر، یونیدگیِ بازمانده، با ارتفاع، افزایش می‌یافت؛ بنابراین منشأ آن باید در تابشی باشد که از فضا می‌آید؛ تابشهای کیهانی که در آغاز، آنها را تابش ارتفاع نامیدند.

دسته‌ای از پژوهشگران به مطالعهٔ این تابش با اتاقکهای یونش، که به ارتفاعات کوههای بلند حمل شده بود، هجوم آوردند. رابرت آ. میلیکان[۳۶] جذب آن را در دریاچه‌های کوه، اندازه‌گیری کرد و فرضیه‌ای عنوان کرد (که موجّه نبود) و منشأ آن را پرتو گاما، دانه‌های نور بسیار پرانرژی می‌دانست. پیشرفت واقعی در این راه وقتی صورت گرفت که توانستند این تابشها را با آشکارسازی یك به یك مسیرهایشان در یك اتاقك ابر، که درمیدانی مغناطیسی قرار داده شده بود، مطالعه کنند؛ کاری که دیمیتری

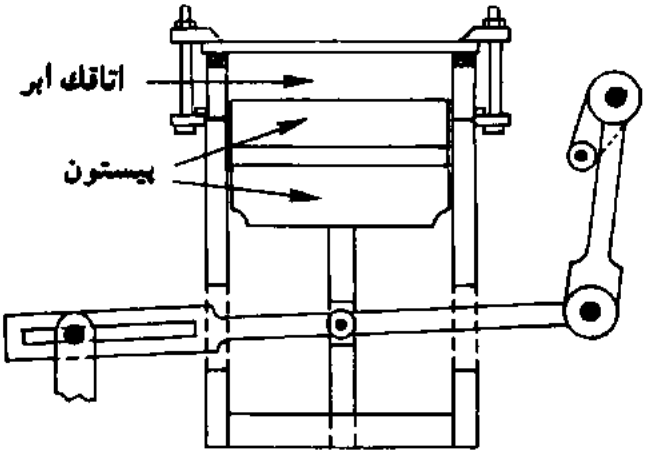
---

35. Victor F. Hess

36. Robert A. Millikan

اسکوبِلتزین[۳۷] کرد، یا وقتی که والتر بُته[۳۸] و ورنر کالهورستر[۳۹] توانستند نخستین شمارگرهای گایگر-مولر[۴۰] را ــ که تازه اختراع شده بود ــ برای اندازه‌گیری جهت تابشهای کیهانی که تصادفاً یکی از اتاقکها را زیر دیگری گذاشته بودند، به کار ببرند.

اتاقك ویلسون یا اتاقك ابر، امکان می‌دهد که با افزایش ناگهانی حجم اتاقك، مسیر ذرات باردار را به شکل تسبیحهایی از قطرات آب در طول خط سیرشان آشکار کرد. نتیجهٔ این افزایش حجمِ اتاقك، این است که درجهٔ دما را پایین می‌آورد و بخار آب راروی بارهای الکتریکی ــ در اثر یونیدگی ــ متراکم می‌کند. قطرات آب در سطح جانبی، روشن می‌شود و به صورت نقطه‌های سفید بر روی متن سیاه آشکار می‌گردد، که می‌توان از آن عکسبرداری کرد.



طرح یك اتاقك ویلسون (مدل ـ شیمیزو ـ بلاکِت)

بنابراین، تابشهای کیهانی از فضا می‌آمدند: از خورشید، از ستارگان، از فضای بین ستارگان کهکشان ما یا حتی از سحابیهای برون کهکشانی. تابشهای کیهانی، خیلی پیچیده به نظر می‌رسید و نوید شناختهای تازه‌ای را می‌داد. این پیچیدگی که در ترکیب تابشهای کیهانیِ نخستین وجود دارد، پس از رسیدن به قشر بالای جوّ زمین و پس از

---

37. Dimitri Skobeltzyn 38. Walther Bothe 39. Werner Kolhorster
40. Geiger-Muller counter

اثرپذیری از میدان مغناطیسی زمین، به علت برخورد با ذرات پرانرژی ثانویِ محصول هسته‌های اتمهای جوّ بالا، باز هم پیچیده‌تر می گردد. در سطح دریا تابش کیهانی تقریباً برابر است با یك ذره در دقیقه که از یك سانتیمتر مربع سطح افقی عبور می کند.

یکی از کاشفان این تابش، همان طور که نام بردیم، رابرت آ. میلیکان، فیزیکدان بزرگ امریکایی در اوایل قرن بود. او در دانشگاه شیکاگو بار الکترون را اندازه گرفته بود و اندك زمانی پس از انتصابش در آزمایشگاه «انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا (کالتك[۴۱])، دومین فیزیکدان امریکایی بود که جایزهٔ نوبل می گرفت. این آزمایشگاه بسیار مجهز در شهر کوچك پاسادنا[۴۲] بر روی تپه‌های مشرف به لوس آنجلس، بنا شده است و آب و هوای خشك و آفتابی کالیفرنیای جنوبی را دارد. در حوالی ۱۹۳۰، میلیکان که بیش از ۶۰ سال از عمرش می گذشت و دانشجویانش او را «رئیس» می خواندند، به اتفاق همکارانش، سوار بر ترن، کشتی و هواپیما دنیا را درمی نوردید تا در هر عرض جغرافیایی و در هر ارتفاعی تابشهای کیهانی را مطالعه کند. زمانی که در پاسادنا بود، برنامهٔ ساعات کار روزش به قدری پر بود که برای بحث دربارهٔ فیزیك بین ساعت ۱۱ شب و ۲ بامداد وقت تعیین می کرد. یکی از دانشجویانش به نام کارل دی. آندرسون[۴۳] مأمور شده بود برای مطالعهٔ الکترونهای پرانرژیِ موجود در تابشهای کیهانی، یك اتاقك ابر بزرگ بسازد. این اتاقك به حالت عمودی در یك میدان مغناطیسی ۲۵۰۰۰ گاوس[۴۴] گذاشته شده بود؛ این میدان مغناطیسی، شدیدترین میدانی بود که تا آن زمان می شد ایجاد کرد و تا آن وقت هرگز در مطالعات تابشهای کیهانی از آن استفاده نشده بود.

نخستین عکسهایی که در اواخر ۱۹۳۱ گرفته شد شگفت آور بود. برخلاف انتظار، تعداد ذرات بار مثبت و بار منفی تقریباً برابر بود. ابتدا تصور شد که ذرات بار مثبت، پروتون هستند، اما کلیشه‌های متعدد نشان می داد که جرم این ذرات، ضعیف تر از آن است که چنین تفسیری را توجیه کند. آنگاه آندرسن و دانشجویی که با او همکاری می کرد، سِت نِدِرمایر[۴۵]، فکر کردند که اینها الکترونهای بار منفی هستند که از پایین

---

41. Cali fornia Technology Institute (Caltech) 42. Pasadena
43. Karl D. Anderson 44. Gauss 45. Seth Nedremeyer

اتاقك، روبه بالا آمده‌اند. میلیکانِ خشمگین به فیزیکدانان جوان تذکر داد که همه می‌دانند که اکثر ذرات تابش کیهانی از بالا می آیند و نه از پایین، و بنابراین، اینها باید پروتون باشند. فیزیکدانان جوان با این توضیح متقاعد نشدند: تعداد قطرات ریز ــ اثر یونیدگی ــ برحسب واحد طول مسیر برای ذرات پرحجمی مثل پروتونها خیلی کوچك بودند. آنها به این فکر افتادند که برای جدا کردن ذراتی که از بالا می آیند از ذراتی که از پایین می آیند، یك دیواره سربی در وسط اتاقك نصب کنند. عکسهایی که گرفته شد نشان داد که این ذرات، الکترونهای مثبت بودند. این نتیجه سبب شد که آندرسن جایزهٔ نوبل فیزیك ۱۹۳۶ را با ویکتور ف. هِس که قبلا از او نام بردیم، تقسیم کند.

آندرسن و نِدرمایر در ادامهٔ مطالعاتشان با اتاقك ابر به حضور تعدادی ذرات بسیار پرنفوذ پی بردند که می توانستند از دیوارهٔ چند سانتیمتری سربی هم عبور کنند. این ذرات، به علت یونیدگیشان، یعنی از دست دادن انرژی برحسب واحد طول مسیر و به علت انرژی الکترونهایی که آنها در طول خط سیرشان پرتاب می کردند، نمی توانستند پروتون باشند. این ذرات، الکترون هم نمی توانستند باشند، زیرا الکترونها با یك چنین انرژیی در حال عبور از دیواره‌های ماده، خوشه‌های ذرات تولید می کنند. از اتاقك ابر، یك وقت در پاسادنا (همسطح دریا) و یك وقت در قلهٔ پیکزپیك[۴۶] کوههای راکی در ارتفاع ۴۳۰۰ متری استفاده می شد. کشیدن پیستون برای افزایش حجم اتاقك، هر بار با تلاقی علائمِ داده شده از یك سری شمارگرهای گایگر ـ مولر که زیر اتاقك قرارداده شده بود، صورت می گرفت. در کوه، جریان برق برای ایجادمیدان مغناطیسی با یك مولد برق سیار که با موتور اتومبیل کار می کرد، تأمین می شد.

دو فیزیکدان جوان، پیش از آنکه نتیجهٔ تحلیلشان را منتشر کنند، مدتی درحال تردید به سر بردند: «معیار سادگی» که نزد نظریه‌پردازان، معتبر بود با ذرات تازه که ظاهراً «بی فایده» بودند، همخوانی نداشت. پژوهشگران، مدت دو سال را به جمع آوری عکسها و شواهد گذراندند، تا بالاخره تصمیم گرفتند نظریاتشان را در مارس ۱۹۳۷ با نتیجه‌گیریهای زیر منتشر کنند: در تابشهای کیهانی، ذرات نفوذکنندهٔ پرانرژی، با بار الکتریکی ــ مثل بارهای الکترون و پروتون ــ اما با جرم میانی، میان جرمهای

---

46. Pike's Peak

الکترون و پروتون وجود دارد. در همان سال ۱۹۳۷ تجربیات مشابهی در انستیتو تکنولوژی ماساچوست (M.I.T.) در ساحل شرقی ایالات متحدهٔ امریکا به توسط جابز استریت[۴۷]. و ای. سی. استِوِنسون[۴۸] و درتوکیو به توسط یوشیو نیشینا، مازا تاکوشی[۴۹] و تورائو ایشی میا[۵۰] به عمل آمده بود.

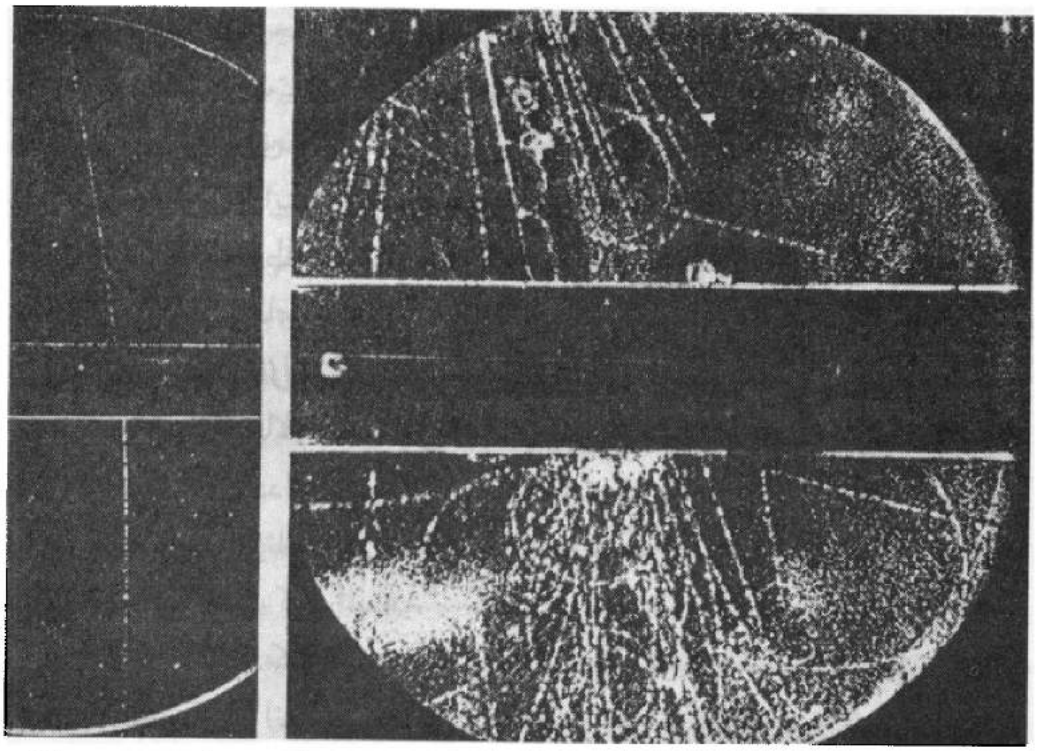
یوکاوا پیشرفت مطالعات تابشهای کیهانی را با دقت دنبال می کرد؛ او متوجه شده بود که برخی ازمسیرهای پیشتر عکسبرداری شده به توسط آندرسون و ندرمایر، که از سال ۱۹۳۶ در *فیزیکال ریویو* منتشر می شد، می توانست با پیشگویی وی دربارهٔ ذرهٔ سنگین «U» متناظر باشد. به محض آنکه از آخرین نتایج تجربیات امریکاییان مطلع شد، هیدکی یوکاوا یادداشتی در «گزارشهای جامعه فیزیك ـ ریاضی ژاپن» منتشر کرد و روز ۵ ژوییه به یك روزنامهٔ ژاپنی اعلام کرد: «ذرهٔ سنگین «U» را که من پیشگویی کرده بودم، به تازگی کشف کرده اند.»

در آن زمان، تعداد کمی از فیزیکدنان در امریکا و دراروپا نشریات ژاپنی را (حتی آنهایی را که به زبان انگلیسی منتشر می شد) می خواندند. آندرسون دربارهٔ آن تذکر داده است که اگر نظریهٔ یوکاوا در ایالات متحدهٔ امریکا بهتر شناخته شده بود، پیشرفتهای تجربی زودتر به نتیجه می رسید، زیرا شواهد مربوط به وجود یك ذرهٔ جدید با خواص عجیب، به تدریج در دو سال فراهم آمده بود.

در ژوئن ۱۹۳۷ نظریه پردازان امریکایی، رابرت اوپنهایمر[۵۱] و رابرت سِربِر[۵۲]، توجه محافل علمی را به این واقعیت جلب کردند که ذرات جدید، که تازه کشف شده اند، می توانند همان ذرات جرم میانی باشند که یوکاوا برای تبیین ماهیت قدرتهای هسته ای فرض کرده است. از تابستان ۱۹۳۷، خیلی از فیزیکدانها عکسهایی را که در گذشته از تابشهای کیهانی گرفته بودند از نو بررسی می کنند و درمی یابند مسیرهایی که تا آن وقت به آنها توجه نشده است، می تواند متعلق به ذرات جدید باشد. آندرسون و ندرمایر در مجلهٔ انگلیسی نیچر[۵۳] پیشنهاد کردند که این ذرهٔ تازه کشف شده، «مِزوترون»[۵۴] نامیده شود که از واژهٔ یونانی «مزوس»[۵۵] به معنای میانی گرفته شده است. بعدها واژهٔ

---

47. Jabez Street 48. E.C. Stevenson 49. Masa Takeuchi
50. Torao Ichimiya 51. Robert Oppenheimer 52. Robert Serbert
53. Nature 54. mesotron 55. mesos



سمت چپ) مزوترون از ورقهٔ مسی به قطر ۲ سانتیمتر نفوذ می کند، مشاهده شده در اتاقك ویلسون (بعدها پی می برند که این یك میون است) (پی. ام. اس. بلاکِت و جی.جی. ویلسون (۱۹۳۷)

سمت راست) نخستین کلیشهٔ ویلسون که ذرهٔ خنثی را در حال فروپاشی به یك پیون و یك نوترون (سمت راست زیر ورقهٔ سربی) نشان می دهد. این ذرهٔ V امروز ذره Λ (لاندا) نامیده می شود (جی. دی. روچستر و سی.سی. باتلر [۱۹۴۷]).

ساده تر «مزون»[۵۶] متداول شد.

اندازه‌های جذب تابش کیهانی در مواد مختلف در سطح دریا نشان دادند که از دو قسمت تشکیل شده است: یك قسمت به آسانی قابل مشاهده است وقسمت دیگر بسیار نفوذکننده است (می توان آن را در عمق چند صد متری زیر آب مشاهده کرد) و آن را به ذراتی نسبت دارند که یوکاوا پیشگویی کرده بود. اخیراً پیشنهاد شده است که از مؤلفهٔ نفوذکنندهٔ تابش کیهانی برای عکسبرداری از یکی از اهرام بزرگ مصر، به

56. meson

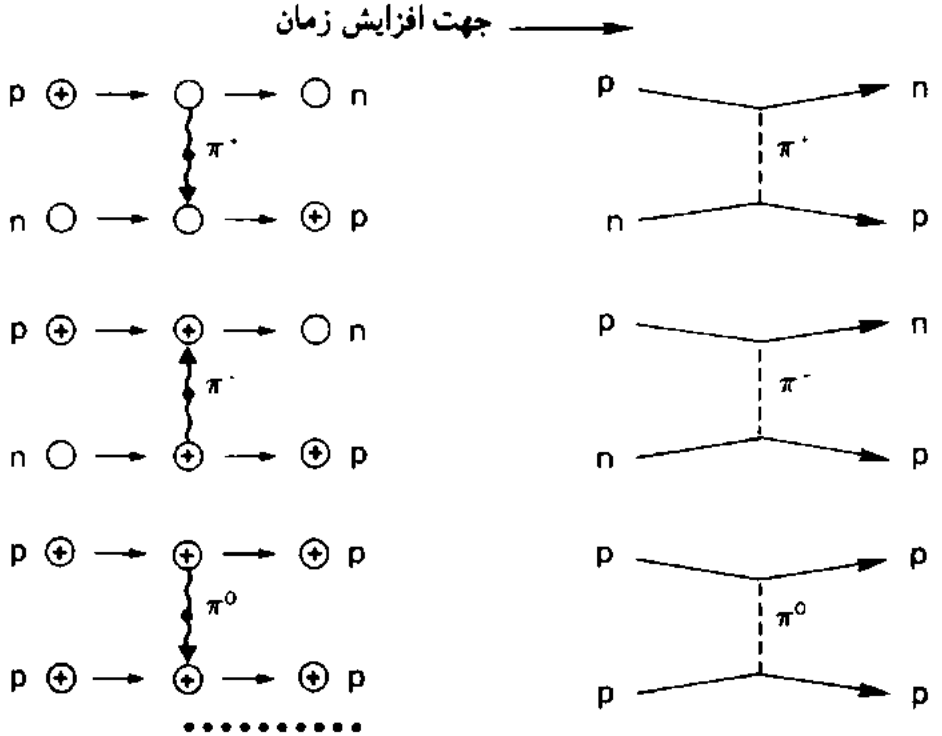
منظور یافتن احتمالی یك دخمهٔ سرّی درآن، استفاده شود. با وجود این، تولید فراوان این مزونها در جوّ بالا ــ موافق با برهم کنشی قوی پیش بینی شدهٔ ذرات یوکاوا ــ با قدرت نفوذ زیاد این مزونها، یعنی با برهم کنشی ضعیفشان با ماده‌ای که از آن عبور کرده‌اند. در تناقض بود.

یوکاوا و شش تن همکارانش (مشهور به هفت سامورایی) که از کشف تجربی ندرمایر و آندرسون بر سر شوق آمده بودند، سعی کردند خواص مزون را مشخص کنند. فیزیك از تطاول رویدادهای سیاسی درامان نبود و یکی از هفت سامورایی به نام میتو تاکی تانی[57] در ۱۹۳۸ به دلیل اعتقادات مارکسیستی وضد میلیتاریستی بازداشت شد. او پس از هفت ماه رها شد و زیر نظر یوکاوا قرار گرفت. در این فاصلهٔ زمانی، تجربیات حاکی از آن بود که برهم کنشیِ میان دوپروتون یا دونوترون باید تقریباً همان شدتی را داشته باشد که برهم کنشیِ میان یك پروتون و یك نوترون دارد؛ اگر اثرات الکترومغناطیسی انتزاع گردد. برای توضیح پدیده به صورت معادلهٔ مبادلهٔ مزونها، لازم بود پذیرفته شود که علاوه بر مزونهای مثبت و منفی، مزونهای خنثی (بدون بار الکتریکی) هم وجود دارد که می توانند میان دوپروتون یا میان دونوترون مبادله شوند. از سوی دیگر، می شد پیش بینی کرد که مزون همچنین می باید با ذرات سبك برهم کنشی داشته باشد؛ درنتیجه نمی تواند یك ذرهٔ پایدار باشد، بلکه یك ذرهٔ ناپایدار رادیواکتیو است و باید پس از مدتی نسبتاً کوتاه، خودبه‌خود به یك الکترون و یك نوترینو فروپاشیده شود. یوکاوا وهمکارانش این طول عمر مزون را محاسبه کردند، و پس ازمدتی تردید اظهار کردند که این مدت باید نزدیك به دود هم میکروثانیه باشد.

در این فاصلهٔ زمانی تجربیاتی اینجا و آنجا و مخصوصاً تجربیات بی. رُسی[58] در ایالات متحدهٔ امریکا نشان داده بود که طول عمر مزونهای مؤلفهٔ نفوذکنندهٔ پرتو کیهانی تقریباً دومیکروثانیه است، یعنی ۲۰ برابر آنچه که یوکاوا پیش بینی می کرد. روش محاسبه رُسی چگونه بود؟ اگر مزونها طول عمرشان محدود است، جذبشان در لایه‌ای ازمادهٔ کم چگال، مثل هوا، بیشتر است تا در لایه‌ای با همان جرم از ماده‌ای پرچگال تر، مثل کربُن: فاصله‌ای که درمادهٔ پرچگال تر پیموده می شود کوتاه تر است؛

---

57. Mituo Taketani 58. B. Rossi



برهم کنشیِ میان دو نوکلئون: یك مزون مثبت، منفی یا خنثی تبدیل شده است. سمت چپ، حالت اولیه، حالت میانی و حالت نهایی که در سمت چپ با نمودار فینمان (Feynman) نمایش داده شده است.

مزون، این فاصله را در مدت زمان کمتری خواهد پیمود، لذا احتمال کمتری برای فروپاشیدن در طول مسیر خواهد داشت. تجربهٔ بی. رُسی اثر هوا را با اثر کربن در قلّهٔ مون اِوانز[59] در کولورادو[60] در ارتفاع ۴۰۰۰ متری و در پای کوه، مقایسه می کرد.

تردید دربارهٔ همسانی میان مزون پرتو کیهانی و ذرّهٔ پیشگویی شدهٔ یوکاوا تقویت می شد. مزونهای پرتو کیهانی نسبت به آنچه که پیش بینی شده بود، برهم کنشیِ خیلی ضعیفی با ماده‌ای که از آن عبور می کردند، داشتند. روی کلیشه‌های اتاقك ابر هرگز برهم کنشیِ «درحال پرواز» مشاهده نمی شد. مطالعات درهمهٔ کشورها به علت جنگ جهانی دوم فروکش کرده بود. در ژاپن، باشگاه مزونها تشکیل شده بود، اما تحقیقات اعضای آن به خارج درز نمی کرد.

---

59. Mont Evans 60. Colorado

به موجب نظریهٔ یوکاوا، مزونهای مثبت در پایان مسیر می باید به توسط هسته‌ها به عقب زده شوند و به الکترون مثبت فروپاشیده گردند، در حالی که مزونهای منفی، پیش از آنکه بتوانند فروپاشیده شوند، در هسته‌ها گیر می افتند و جذب می شوند. در اواخر جنگ، در رُم اشغال شده، وزیر بمباران، گروهی فیزیکدان ایتالیایی، مارچلو کونورسی[۶۱]، اتوره پانچینی[۶۲] و اورستو پیکونی[۶۳]، در یکی از کلاسهای دبیرستان ویرژیل در پناهگاه زیر زمینی نزدیك واتیکان، یك سری تجربیات تازه را آغاز کردند. این گروه تحقیقاتی ثابت کرد که مزونهای مشاهده شدهٔ ذرات مبادله شده در برهم کنشی، هسته‌ای نبوده‌اند. با استفاده از لامپهای رادیو و تلویزیون، فیزیکدانهای ایتالیایی مدارهای الکترونیکی بسیار کاملی فراهم کرده بودند که اجازه می‌داد فواصل زمانی را با دقت یك دهم میکروثانیه اندازه‌گیری کرد. عدسیهای مغناطیسی اجازه می‌داد ذرات بار منفی از مثبت جدا شود. بدین ترتیب بود که آنها موفق شدند ــ برخلاف پیش بینیهای نظری ــ ثابت کنند که احتمال بزرگی وجود دارد که مزونهای منفی هم درست مثل مزونهای مثبت در یك پردهٔ کربُن گیر بیفتند و پیش از آنکه به دام هسته‌ها بیفتند، فروپاشیده شوند. برهم کنشی مزونهای تابش کیهانی با ماده، خیلی ضعیف تر از آن بود که بتوان آنها را واقعاً ذرات پیشگویی شدهٔ یوکاوا تلقی کرد. پس آنها ذرات متفاوتی بودند.

چه ردّ عجیبی!

داستان ما حالا در شهری ادامه می‌یابد که برای من عزیز است، شهر صنعتی بریستول در جنوب غربی بریتانیای کبیر، دانشگاه بریستول روی تپهٔ کوچکی بالای بندری قدیمی واقع است. در این دانشگاه بود که در سال ۱۹۲۸، سیسیل فرانك پاول جوان، برخاسته از خانواده‌ای فقیر، به عنوان استادیار پروفسور آ. ام. تیندال[۶۴] مشغول به کار شد. مهارت دستی و خلاقیت تجربی او فوراً مورد توجه قرار گرفت. او مردی سختکوش، کم حرف و در نتیجه‌گیریهایش محتاط بود. پاول یك دورهٔ کارورزی

---

61. Marcello Conversi 62. Ettore Pancini 63. Oresto Piccioni
64. A. M. Tyndall

را در آزمایشگاه راترفورد، زیر نظر سی. تی. آر. ویلسون، مخترع اتاقك ابر که به نام او نامگذاری شده است، گذرانیده بود.

چند سال بعد تصمیم گرفته شد که آزمایشگاه اچ. اچ. ویلز[65] بریستول هم در قلمرو فیزیك هسته‌ای فعال بشود. مسئولان آزمایشگاه فکر می کردند که آزمایشگاهشان شهرت بین المللی پیدا نخواهد کرد مگر آنکه در این رشته از فیزیك فعالیت کند. یك شتاب‌دهندهٔ کوچك ساخته شد و یك اتاقك ابر مستقر گردید.

باری، در ۱۹۳۷ به طور تصادفی توجه پاول به مقاله‌ای از پژوهشگران اتریشی، م. بلو[66] و وامباخر[67] جلب شد که ردّیك پرتو کیهانی را در یك امولسیون[68] (= فیلم) عکاسی نشان می‌داد که در قلّهٔ کوه بلندی گرفته شده بود. فایدهٔ بالقوهٔ استفاده از امولسیون برای ردیابی ذرات، فوراً توجهش را جلب کرد و با وجود شك و تردید پژوهشگران آزمایشگاههای دیگر، او تمام نیرویش را صرف شرح و بسط آن کرد.

وقتی ذره‌ای با بار الکتریکی از یك امولسیون عکاسی عبور می کند، درمسیرش زوجهای یونهای باردار تولید می کند، درست شبیه آنچه که در گاز اتاقك ابر تولید می کند. هر زوج از یك الکترون و از یك اتم یونیدهٔ ماده عبور یافته، تشکیل شده است. تولید این زوج یونها، امولسیون عکاسی را متأثر می کند: کریستالهای برومور نقرهٔ موجود در ژلاتین، امولسیون را فعال می کند. ظهور فیلم عکاسی امکان می دهد که این «تصویر پنهان»، ظاهر گردد، یعنی نقرهٔ فلزیِ برمور نقره از کریستالهای متأثر شده و نه از کریستالهای دیگر، آزاد شود. سپس عمل تثبیت، امکان حل کردن برومور نقرهٔ باقیماندهٔ غیر فعال را می دهد، و پس از شست‌وشو و خشك کردن، مسیر ذره به صورت تسبیحی از دانه‌های نقره‌ای در عبور از امولسیون ظاهر می شود. چگالی دانه‌های نقره و طول مسیر با انرژی رها شده، متناسب است. باید توجه داشت که امولسیون، ماده‌ای بسیار پرچگال‌تر از یك گاز است و اینکه طول مسیر عموماً از چند میلیمتر یا حتی از چنددهم میلیمتر بیشتر نیست؛ بنابراین، می تواند تماماً در لایهٔ حساس گنجیده شده باشد، و می توان آن را زیر یك میکروسکوپ مجهز مشاهده کرد. امولسیون عکاسی، وقتی مدت زمانی در معرض تابش قرار گرفت، به مقدار ضعیفی مسیرهای همهٔ ذراتی را که از آن در طول مدت اکسپوزیسیون و قبل از ظهور، عبور کرده‌اند در بردارد.

---

65. H.H.Wills 66. M. Blau 67. Wambacher 68. emulsion

برهم کنشی یك ذره با هستهٔ یك اتم امولسیون به صورت یك «رویداد» با دو یا چند شاخه که به زبان خودمانی ستاره نامیده می شود، ظاهر می گردد.

پاول از ۱۹۳۸ تجربیاتش را با قراردادن امولسیونها در معرض باریکه‌های شتاب‌دهندهٔ کوچکش آغاز کرد. یك سال بعد، سفارش خرید میکروسکوپهای پیشرفتهٔ لیتز[۶۹] آلمانی را داد و عده‌ای زن جوان را به همکاری دعوت کرد که هیچ آشنایی قبلی با فیزیك نداشتند، اما پس از یك آموزش کوتاه مدت می توانستند با مهارت کامل یك امولسیون را زیر میکروسکوپ برای ردیابی مسیر ذرات و ستاره‌ها که در مجموع کار زیادی طلب می کرد، بررسی کنند. خوشبختانه در ابتدای کار، پاول آن مقاله‌هایی را که استفاده از امولسیونهای عکاسی در فیزیك هسته‌ای را رد می کردند، نخوانده بود. وقتی که فرصت خواندن آنها را پیدا کرد، دریافت که نتیجه‌گیریهایشان غلط است: برای آنکه قواعد روش کمّی مراعات شود لازم است که امولسیونهای مخصوصی برای این نوع آزمایشها ساخته شود، و مراحل ظهور، تثبیت و ردیابی با دقتی خاص اجرا گردد، و بالاخره باید از میکروسکوپهای کاملا مجهز استفاده کرد ــ کارهایی که هیچ کس پیش از او نکرده بود. باید امولسیونها را عیارگیری کرد، علت چروکیدن آنها را به وقت خشکاندن شناخت، طول ردها و جهت آنها را اندازه‌گیری کرد. تعداد دانه‌های نقره‌ای در طول مسیر را شمرد. از تکنیك امولسیونها در زمان جنگ برای اندازه‌گیری طیفهای انرژی نوترونها با واسطهٔ پروتونهای پس‌زده در امولسیون که از لحاظ هیدروژن غنی است، استفاده می شد.

در ۱۹۴۵، وزیر تدارکات انگلیس یك گروه کوچك کار تشکیل داد تا به کارخانه‌های سازندهٔ مواد عکاسی توصیه کنند امولسیونهای مناسب برای تحقیقات هسته‌ای بسازند. پس از چند ماه، پاول از شرکت ایلفورد[۷۰]، امولسیونهایی دریافت کرد که با ضخامت یك بیستم میلیمتر، مقدار برومور نقره و ژلاتین آن برابر بود. یك ذرهٔ باردار در ابتدای مسیر، سرعت خیلی زیادی دارد، احتمالا نزدیك به سرعت نور. انرژی آزاد شده برحسب واحد طول در پایان مسیر، وقتی که سرعت ذره کاهش می یابد، بیشتر است. به هنگام نخستین آزمایشهای بزرگ پاول، امولسیونها تنها در برابر ذرات باردار در آخرین قسمت مسیرشان حساس بودند، اما در ۱۹۴۸، ابتدا کداك، سپس ایلفورد،

---

69. leitz 70. Illford

موفق به ساختن امولسیونهایی شدند که نسبت به همهٔ ذرات باردار با هر سرعت اولیه‌ای در تمامی طول مسیرشان حساس بودند و از سوی دیگر توانستند امولسیونهایی به ضخامت نیم تا یك میلیمتر بسازند.

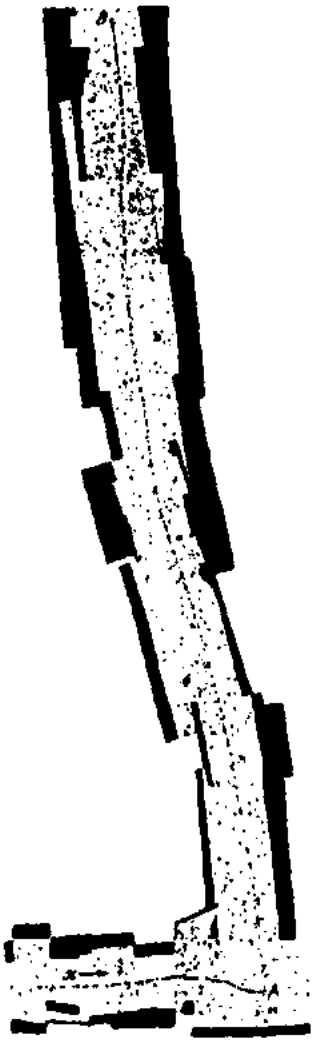
در پایان جنگ، پاول تحقیقات اساسیش را از سر گرفت. بزودی جنب و جوش زیاد و شور و اشتیاق فراوانی طبقهٔ چهارم آزمایشگاه ویلز را در بر گرفت. عدهٔ بسیاری از زنان جوان «اسکینز[۷۱]» مشغول وارسی کلیشه‌ها زیر میکروسکوپها بودند. دراین میان، فیزیکدان ایتالیایی گی. پی. اس. اوچیالینی[۷۲] مایهٔ نشاط و هیجان گروه بود. این شخص در ۱۹۴۵ به بریستول آمده بود و میکروسکوپی مجهز به پروژکتور ساخته بود که آن را «تله‌پانتو[۷۳]» (همه چیز را می بینم) می نامید. درهای آزمایشگاه به روی فیزیکدانهای خارجی باز بود. روح همکاری گروهی بر فضای آزمایشگاه مسلط بود و هیچ کس برای ادامه دادن کار تا دیر وقت شب تردید نمی کرد. موضوعِ نخستین کارهای تحقیقیِ عیارگیریِ کمّی، امولسیونها بود. ازمیدانهای مشاهدهٔ متوالیِ زیر میکروسکوپ، شامل مسیرهای حتی خمیده عکسبرداری می شد، سپس پهلو به پهلو کنار هم چیده می شدند تا موزائیکی ساخته شود که امکان می داد هر رویداد، بازسازی گردد.

یك مسکل فنی مانده بود که باید حل می شد و آن، پاك شدن تدریجی تصویر پنهان از امولسیونهای متأثر شده‌ای بود که چندهفته‌ای بدون ظاهر کردن نگهداری می شد. فیزیکدان جوان برزیلی سزار م. ج. لاتس[۷۴] از شرکت ایلفورد خواسته بود امولسیونهایی با ترکیب بوره (= بوراکس) برای مطالعهٔ نوترونها بسازد: نوترونها به آسانی با بور ۱۰ برهم کنشی دارد و سه ذرهٔ باردار می دهد که هر سه در امولسیون، قابل مشاهده اند. لاتس می خواست بدین وسیله انرژی و جهت نوترونهای تابشی را تعیین کند. گروه تحقیقاتی بریسول با شگفتی دریافت که بوره به طرز چشمگیری پاك شدگی تصویرها را کاهش می دهد. یك سری امولسیونهای بوره‌دار که به مدت یك ماه در قلهٔ پیك دومیدی[۷۵] کوههای پیرنه در معرض تابشهای کیهانی بودند، پس از ظهور، تعداد رویدادهای ناشی از تابشهای کیهانی را که نشان دادند، خیلی بیشتر و متنوع تر از

---

71. scanneuse 72. G.P.S. Occhialini 73. Telepanto

74. Cesare M. G. Lattes 75. Pic du Midi



نخستین مشاهده در یك امولسیون عکاسی، فروپاشی یك مزون π به میون (درنقطهٔ A). نوترینوی گسیل شده به هنگام واپاشی، رد برجا نمی گذارد. میون تشکیل شده درنقطهٔ B متوقف می شود.
(لاتس، مورهد، اوچیالینی و پاول [۱۹۴۷]).

معمول بود. پاول در شرح حالش روایت می کند که «حالت شخصی را داشتم که در باغ حفاظت شده ای رخنه کرده است. در آنجا همهٔ درختانِ محافظت شده گل داده بودند و همهٔ میوه‌های عجیب به وفور یافت می شد».

در بهار ۱۹۴۷ هستیم. آزمایشگاه بلافاصله سراپا برای مطالعهٔ این سری جدید امولسیونها بسیج شده است. چند روزی نگذشته که یکی از زنان جوان آزمایشگاه، ماریتا کورز[۷۶]، رویدادی غیرعادی پیدا می کند. او فیزیکدانها را صدا می زند و

76. Marietta Kurz

می گوید: «نگاه کنید، چه رد عجیبی!» همه هیجان زده می شوند. قضیه، دو ذرهٔ متفاوت بود؛ یکی به دنبال دیگری. ذرهٔ اولی یك مزون بود و می شد پایان مسیرش را با افزایش قابل توجه چگالی دانهٔ نقره تشخیص داد که سپس، از مبدأ این انتهای مسیر به عقب برگشته است، رد دوم، مربوط به یك مزون دوم بود که مسیر آن حدود ۰/۶ میلیمتر طول داشت و با یك انرژی چند میلیون الکترون ـ ولت متناظر بود.

اندکی بعد، رویداد دومی از همان نوع را زن جوان دیگری به نام ایرن رابرتز[۷۷] پیدا کرد. اندازه گیریهای کمّی نشان می دادند که جای هیچ گونه تردیدی نیست: ردها متعلق به دو ذرهٔ متفاوت با جرمهای نزدیك به هم بود. اولی، یك مزون جدید، سنگین تر از دومی بود. این مزون به فراوانی در رویدادهای کیهانی با انرژی بالا تولید می شد و با هسته‌ها برهم کنشیِ قوی داشت. این، همان مزون پیشگویی شدهٔ یوکاوا بود. دومی یك ذرهٔ نفوذکننده با جرم میانی بود که ندرمایر، آندرسون، استریت و استیونسون متفقاً کشف کردند، نوعی الکترون سنگین که با ماده برهم کنشیِ ضعیفی داشت.

پاول اولی را مزون π (پی) یا پیون نامید. ذرهٔ دوم که سبك تر بود، میون (μ) نامیده شد. پیون با برهم کنشیِ ضعیف به یك میون و یك ذرهٔ خنثی، نوترینو، که ردّش بر روی امولسیون دیده نمی شود، واپاشیده می شود؛ و به همین دلیل، مزون دوم با همان انرژی، یعنی با همان طول مسیر، به عقب گسیل می شود. باری، دنیای ذرات، پر بارتر از آن بود که توسعهٔ فیزیك هسته‌ای در ابتدای راه، اجازهٔ تصورش را می داد.

چند ماه پس از کشف پاول و همکارانش، لاتس، مورهد و اوچیالینی، مقاله‌ای از دو فیزیکدان امریکایی، رابرت ای. مارشاك[۷۸] و هانس آ. بِته[۷۹] در *فیزیکال ریویو* در ادامهٔ مباحثه‌هایی که در جریان گردهمایی در شلتر ایلند نزدیك نیویورك، در تابستان، صورت گرفته بود، منتشر شد. دو فیزیکدان، بدون آنکه از نتایج مشاهدهٔ تجربی مطلع باشند، فرض کرده بودند که دو مزون با جرمهای متفاوت در طبیعت وجود دارد، که یکی در دیگری واپاشیده می شود. اندکی پس از آن معلوم شد که دوتن از اعضای باشگاه مزونها در ژاپن، به نامهای تانیکاوا[۸۰] و ساکاتا[۸۱] در مجلهٔ *پروگرس آو تئوریتیکال فیزیك*[۸۲] توکیو، در ۱۹۴۳، همان فرضیه را منتشر کرده بودند، منتهی به سبب جنگ، جز

---

77. Irene Roberts 78. Robert E. Marshak 79. Hans A. Bethe

80. Tanikawa 81. Sakata 82. *progress of Theoretical physics*

فیزیکدانهای ژاپنی، هیچ کس از آن مطلع نشده بود.

در طبقهٔ چهارم آزمایشگاه بریستول تنها دو «رویداد» در امولسیون، دراختیار داشتند و برای کسب اطلاعات بیشتر دربارهٔ فرایند بنیادی لازم بود که سریعاً رویدادهای دیگری به دست آید.

لاتس پیشنهاد کرد که صفحات عکاسی را در کوه بلندتری در معرض تابشهای کیهانی بگذارند. برای این منظور، او به ایستگاه هواشناسی مون شاکالتایا[۸۳]، نزدیك لاپاز پایتخت بولیوی رفت که در ارتفاع ۵۵۰۰ متری از سطح دریا ساخته شده است. در بازگشت به بریستول، ۳۰ ردّ تازه از «مزونهای دوگانه» مشاهده شد.

شتاب‌دهنده‌های جدید ذرات که در ایالات متحدهٔ امریکا ساخته شده بودند، می‌توانستند انرژی کافی برای تولید پیونهای مصنوعی که تا آن وقت فقط در تابشهای کیهانی یافت می‌شد، ایجاد کنند. این بار هم لاتس بود که در ۱۹۴۸ بافیزیکدانهای امریکایی موفق شد اول بار پیونهایی را که مصنوعاً با سیکلوترون ۱۸۴ اینچی دانشگاه کالیفرنیا در بِرکلی تولید شده بود، مشاهده کند. حالا دیگر فیزیکدانها می‌توانستند آنچه را که تا آن وقت در قلهٔ کوههای بلند جست‌وجو می‌کردند، در آزمایشگاه مطالعه کنند.

در ۱۹۴۹ یك جایزهٔ نوبل به یوکاوا اعطا شد که وجود مزون را پیشگویی کرده بود، و سال بعد، جایزهٔ نوبل به پاول داده شد، که با گروه خودش توانسته بود آن را به طور تجربی کشف کند.

می‌توان گفت که پاول پدر فیزیك ذرات (پارتیکول) است. تا آن زمان، ذراتی که کشف شده بودند، اجزای عادی اتمها و هسته‌های آنها یا ذراتی بودند که هسته‌های رادیواکتیو گسیل می‌داشتند. فیزیکدان فرانسوی لویی لوپرنس-رِنگه[۸۴] در این ایام دراین باره از سر شوق گفته بود: «در اروپا برای امولسیونها، بریستول وجود دارد با آفتاب تابان، سهس تعدادی اقمار کوچك که ابعادشان را حتی اگر جمع بزنیم، خیلی کوچك‌تر از بریستول است.»

برای آنکه امولسیونها را در ارتفاع بازهم بالاتری در معرض تابشهای کیهانی قرار دهند، گروه پاول از پرواز با بالون استفاده کردند و ابتدا از نقاط مختلفی در اطراف

---

83. Mont Chacaltaya 84. Louis Leprince - Ringuet

هیدکی یوکاوا و سیسیل پاول، خانم پاول، خانم یوکاوا دریک رستوران کیوتو، در ۱۹۵۶

بریستول به پرواز درآمدند؛ اما عیب بالون این بود که در هر جای ناخواسته هم به زمین فرود می آمد و با کار راه آهن و هواپیمایی بریتانیا تضادهایی ایجاد می کرد. از این رو، پرواز بالونها به جنوب اروپا بسمت ایتالیا و دریای مدیترانه انتقال داده شد که هوای آنجا پایدارتر از انگلستان بود. بدین ترتیب بود که در اثر مساعی پاول، نخستین همکاریهای بین المللی، از سال ۱۹۵۲، با مشارکت ده دانشگاه و مؤسسهٔ تحقیقاتی کشورهای گوناگون، به وجود آمد. همهٔ این مراکز، هم در پرواز دادن بالونها و هم در بررسی امولسیونها که در بازگشت آنها میانشان تقسیم می شد، مشارکت داشتند. این همکاریها، مخصوصاً به آزمایشگاههای کوچك، دورافتاده و کم بنیه از لحاظ مالی، امکان می داد که در توسعهٔ این قلمرو جدید پژوهش مشارکت کنند.

رنگ کوارکها

تحقیقاتی که در پی کشف پاول صورت گرفت به اندازهٔ پژوهشهای پیش از آن،

جالب و هیجان انگیز بود: یك رشته ماجرا که در دیدار آینده برایتان روایت خواهد شد و من امشب در وقت باقیمانده آنها را برایتان خلاصه می کنم.

در سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۶۰ یك سری ذرات ناپایدار جدید کشف شد. برخی از آنها مزونهای سنگین با جرمهایی بین جرمهای پیون و پروتون بودند. آنگاه ایدهٔ تبادل مزونها میان نوکلئونها عمومیت یافت؛ چنانچه دو نوکلئون نزدیك یکدیگر باشند، می توانند نه تنها یك مزون π، بلکه دو مزون π یا یك مزون سنگین مبادله کنند. ذرات دیگر که به پروتون یا به نوترون شبیه بودند اما جرمشان بیشتر بود؛ به آنها، مثل نوکلئونها، نام عمومی باریون داده شد.

تعداد این ذرات جدید به قدری زیاد شد که طبقه‌بندی آنها لازم آمد؛ نظریه‌پردازان سعی کردند به آنها نظمی بدهند. اگر آن همه ذرات به اصطلاح بنیادی وجود داشته باشد، آیا نمی باید فکر کرد که برخی از آنها بنیادی‌تر و ساده‌تر از ذرات دیگرند، آنها عناصر اولیه‌اند و ذرات دیگر، از آنها ترکیب شده‌اند، کم و بیش مثل هسته که از پروتونها و از نوترونها تشکیل شده است؟

قدم اول را در این راستا شواچی ساکاتا فیزیکدان ژاپنی در ۱۹۵۶ برداشت، اما با مشکلاتی روبه‌رو شد. گام بلند دوم در این راه در ۱۹۶۴ برداشته شد و آن وقتی بود که موری گل-مان و جورج تسوایگ پیشنهاد کردند که مزونها و باریونها همگی از چیزهای بنیادی موسوم به «*کوارکها*» ترکیب شده‌اند، همان که در روایت یکشنبه شب گفته شد. خاصیّت شگفت انگیز این کوارکها داشتن بار الکتریکی ۲/۳ یا ۱/۳ مثبت یا منفی است. در ابتدا، وجود سه گونه (سه طعم) کوارك پذیرفته شد: بالا (u)، پایین (d) و شگفت (s)[۸۵]. بعدها، طعمهای چهارم، پنجم و ششم به آنها افزوده شد. به موجب این توصیف، یك ترکیب از سه کوارك u (بار $\frac{2}{3}+$) و d (بار $\frac{1}{3}-$) برای تشکیل پروتون یا نوترون کافی است که به ترتیب از کوارکهای u-u-d (بار ۱+) و u-d-d (بار صفر) ترکیب می شوند. هرکوارك با یك پاد کوارك که پاد ذرهٔ آن است، متناظر است. گل-مان فرض کرد که مزونها از یك کوارك و یك پادکوارك ترکیب شده‌اند و باریونها از سه کوارك.

وقتی که مباحثات بر سر این قضایای نظری ادامه داشت، پژوهشگران آزمایشگاهِ

---

۸۵. این سه حرف با حروف اول کلمات up، down و strange متناظرند. ــم.

شتاب‌دهندهٔ خطی دانشگاه استنفورد در کالیفرنیا از باریکه[۸۶]های الکترونهای پرانرژی، نخست برای تعریف دقیق‌تر ساختار هسته‌ها، سپس، ساختار نوکلئونها استفاده کردند. یك اَبَرشتاب‌دهندهٔ الکترون از لحاظی شبیه یك میکروسکپ قوی است؛ هر انداه انرژیِ داده شده به الکترونها بیشتر باشد، ساختارهای کوچك بهتر مشخص می‌شوند. رابرت هافستادر[۸۷] وهمکارانش ثابت کردند که پروتون ونوترون، نقطه‌ای نبوده‌اند، بلکه ساختارهای گسترده دارند، و آنها توانستند ابعادشان را تعیین کنند. تجربیات با انرژیهای بازهم بیشتر ادامه یافت و فیزیکدانهای گروه اچ. وی. پانوفسکی و گروه .M.I.T در ۱۹۶۸ پی بردند که الکترونها با انتقال قسمت عمده‌ای ازاندازهٔ حرکتشان، بیشتر از آنچه که قبلا تصور می‌شد، پخش می‌شوند. این تجربیات را از لحاظ کیفی می‌توان چنین توجیه کرد: اگر مادهٔ برهم‌کنش کنندهٔ درون نوکلئون یکنواخت توزیع شده باشد، گاهی مشاهده خواهد شد که الکترونها (یا پروتونها) از جهت اولیه‌شان منحرف شوند. درعوض، اگر مانند هسته در درون اتم، مادهٔ برهم‌کنش کننده دردانه‌های شبه‌نقطه‌ای در درون نوکلئون متمرکز شده باشد، وقتی که این دانه‌ها با یکدیگر برخورد کنند، گاهی ضربه‌های خیلی شدید و انحرافهای خیلی بزرگ (لذا، انتقالهای بزرگ اندازهٔ حرکت) مشاهده خواهد شد.

همان‌طور که در گذشته، راترفورد با آزمایشهایش وجود هسته را درون اتم ثابت کرد، این آزمایشهای دانشگاه استنفورد نیز ثابت کرد که درون نوکلئونها ساختارهای ظریف‌تری، به ظاهر نقطه‌ای، وجود دارد، مثل هسته‌های یك تمشك، که روی آنها الکترونها با شدت درجست‌وخیزند. این ذرات بنیادی را پارتون[۸۸] نامیدند، که به نظر می‌رسید هر پروتون تقریباً از سه پارتون تشکیل شده باشد. اندکی بعد از آن، آزمایشهای «پخش عمیق» با باریکه‌های نوترینو و میون که در اَبَرشتاب‌دهنده‌ها تولید شده بود، تحقق یافت. این آزمایشها نشان داد که این پارتونها همان کوارکهای گِل‌ـمان هستند.

آزمایشهای انجام شده در ژنو، در مرکز اروپایی تحقیقات هسته‌ای (CERN) با

---

۸۶. باریکه (beam/faisceaux) در اصطلاح فیزیکی، روانهٔ یك طرفی تابشهای الکترومغناطیسی یا ذرات بنیادی است. ـــم.

87. Robert Hofstadter 88. parton

حلقه‌های برخورد که در آن باریکه‌های پروتونها با انرژی خیلی زیاد بایکدیگر برخورد می کنند، همچنین رویدادهایی را نشان دادند که اندازهٔ حرکت عرضی زیادی دارند، که خود بر وجود کوارکها دلالت می کند. به عنوان حاصل نقطهٔ برخورد، چه در برخوردهای پوزیتون-الکترون، چه در برخوردهای پروتون-پروتون یا پروتون-پادپروتون، باریکه‌های ذرات گروهی، به نام جت مشاهده می شود، که دریك جهت گسیل شده‌اند؛ وقتی که با شدت زیاد به یك کوارك برخورد می شود. از همه این قرائن به این نتیجه‌گیری می رسیم که کوارکها، دارای جرم، در برهم کنشی، ذراتِ از لحاظ الکتریکی خنثی، بدون جرم، مبادله می کنند که *گلوئون*[۸۹] نامگذاری شده‌اند، به همان شیوه که دو بار الکتریکی در برهم کنشیِ بین خود، فوتون مبادله می کنند. نام پارتون به مجموع کوارکها، پادکوارکها و گلوئونها داده شده است.

به رغم همهٔ تلاشهایی که تاکنون انجام شده است، هنوز کوارك به حالت آزاد مشاهده نشده است. نتیجه‌ای که می گیرند این است که کوارکها درون نوکلئون حبس شده‌اند و نمی توانند به حالت انفرادی از آن خارج شوند. در خارج، تنها به حالت مجموعه‌های کوارك ـ پادکوارك، یعنی مزونها، ظاهر می شوند.

در این توصیف هنوز خیلی چیزها باید از لحاظ کیفی و کمی روشن شود، اما نظریه‌پردازان توانسته‌اند در دههٔ ۱۹۷۰ نظریهٔ جدیدی بسازند که قادر است همهٔ داده‌های شناخته شده را بیان کند: سه کوارك در نوکلئون، هر کدام خاصیت ویژه‌ای ــ[۱۰] حدودی شبیه بار الکتریکی ــ دارند که آن را رنگ نامیده‌اند. مثلا یك کوارك، «آبی» نامیده شده است، یك کوارك «سبز» و یك کوارك «قرمز». لذا، مجموع کوارکها دریك نوکلئون، «سفید» یعنی بدون رنگ است و تنها سفید به حالت آزاد مشاهده می شود. مجموع کوارك ـ پادکوارك (یك رنگ و پادرنگش: مثلا سبز و پاد سبز) یك مزون، همچنین یك شیء سفید قابل مشاهده تشکیل می دهد. گلوئونها، به نوبهٔ خود ترکیبی از رنگ و پادرنگ دارند که سفید نیست (مثلا قرمز-پادآبی)؛ بدین ترتیب، اگر دو کوارك دردرون یك نوکلئون، یك گلئون مبادله کنند، رنگشان تغییر خواهد کرد. این نظریهٔ جدید **کرومودینامیك کوانتومی**[۹۰] نامیده می شود، به قیاس با نظریه کوانتومی الکترومغناطیسی، یا الکترودینامیك کوانتومی. لذا، برهم کنشیِ قوی (هسته‌ای)

---

89. Gluon 90. Chromodynamic quantum/Chromodimique quantique

بنیادی، مبادلهٔ گلوئون میان کوارکها است، که بنیادی‌تر از مبادلهٔ مزونها میان نوکلئونهاست که درهسته، طبق نظریهٔ هیدکی یوکاوا، مشاهده می‌شود.

آیا هنوز به دورتر از این خواهند رفت؟ آیا هسته‌های تمشك واقعاً نقطه‌ای (بدون جرم) هستند؟ شاید با به‌کارگرفتن انرژیهای باز هم بیشتر، کشف خواهد شد که کوارکها خود ساختاری فوق‌العاده ریزتر دارند...

۶

جمعه

آیا نوترونها کاربردی هم دارند؟

امروز هوا عالی بود، و هر یك از ما با احساس نزدیك شدنِ پایان اقامت یك هفته‌ای می‌خواست از لحظه‌لحظهٔ آن استفاده کند. مربیان برای جوانان اسکی‌باز، مسابقه‌های آزمایشی چندکیلومتری در اطراف دریاچه‌ها و از لابه‌لای جنگلها ترتیب داده بودند. فیزیکدانها، کمی با غبطه، آنها را تماشا می‌کردند که با سرعت زیاد از برابرشان می‌گذشتند. پس از صرف شام، در تالار بزرگ مهمانسرا، ورزشکاران با نشاط از مهارتهای این و آن حرف می‌زدند. یك محقق امریکایی، با ظاهری آرام، سخنران امشب بود.

نام من بیل است و از انستیتو تکنولوژی ماساچوست، که در ساحل شرقی ایالات متحدهٔ امریکا واقع است، به اینجا آمده‌ام.

موضوعی که من امشب می‌خواهم درباره‌اش صحبت کنم به همه مربوط می‌شود. من می‌خواهم امشب برای شما از کاربردهای اکتشافات علمی و از مسئولیتهای دانشمند و نیز از مسئولیتهای جامعه صحبت کنم، مسئله‌ای که با همهٔ تازگیش، در همهٔ دوره‌های گذشته نیز مطرح بوده است. دانشمندان عموماً ناگزیر شده‌اند میان پژوهش بنیادی که نظری هم گفته می‌شود، و تحقیق کاربردی، چه در زمینهٔ نظامی یا غیر نظامی، یکی را انتخاب کنند.

یافتم، یافتم!

یکی از قدیمی ترین نمونه‌هایی که می شناسیم به ایام باستان مربوط می شود. سه قرن پیش از میلاد مسیح در شهر سیراکوز در ساحل شرقی جزیرهٔ سیسیل، ارشمیدس می زیست که یکی از بزرگ ترین ریاضیدانان و مهندسین همهٔ دوران بود. کارهایش او را به مقام سرمهندسی شهر رسانیده بود. در جریان دومین جنگ میان کارتاژ و روم، سیراکوز با کارتاژ پیمان اتحاد بسته بود و رومیها شهر را محاصره کرده بودند. شهر سه سال در برابر محاصره مقاومت کرد و این به برکت ماشینهای جنگی بود که ارشمیدس اختراع کرده بود، مخصوصاً ماشینهای پرتاب گلوله به فاصلهٔ دور و آینه‌های سوزاننده که می توانستند پرتوهای خورشید را منعکس کنند و با متمرکز کردنشان بر روی سفینه‌های دشمن که به ساحل نزدیك می شدند، آنها را به آتش بکشند.

سرانجام در سال ۲۱۲ (ق.م.) سیراکوز سقوط کرد. ارشمیدس که ۷۵ ساله بود به ضرب شمشیر یك سربازرومی به قتل رسید. روایت می کنند که ریاضیدان بزرگ در حال ترسیم شکلهای هندسی بر روی ماسه بود و پیش از ضربت خوردن فقط گفته بود: «دایره‌هایم را برهم نزن». کنسول روم، مارسلوس[1]، فرمانده سپاهیان محاصره کننده به سربازان دستور داده بود به جان دانشمند بزرگ که او را می ستود امان دهند. از شنیدن خبر مرگش بسیار اندوهگین شد و برای او آرامگاهی برپا کرد و دستور داد بر لوح گور او، همان طور که ریاضیدان بزرگ آرزو می کرد، مقطع کره‌ای را بر استوانه‌ای با رابطهٔ حجمشان نقش کنند. سیسرون، مباشر سنای روم در سیسیل، ۱۳۷ سال بعد این گور را یافت و شرحی دربارهٔ آن به یادگار گذاشت.

ارشمیدس خواص برخی از شکلهای هندسی را تعیین کرده بود، از جمله دایره، کُره، سهمی، هذلولی و حلزونی (مارپیچ). محاسبه‌های عددی او مشهور است: او مقدار عدد π را با تقریب قابل قبولی تعیین کرده بود. اما شهرت او بیشتر ناشی از کارهای مکانیکی اوست؛ او ثابت کرده بود که هر سطحی یا هر جسمی، مرکز گرانی (ثقل) دارد. او پیچ بی انتها (معروف به پیچ ارشمیدس) و چرخ دندانه‌دار را اختراع کرده بود، و نشان داده بود که یك کشتی سنگین را به کمك چند قرقره به آسانی می توان

---

1. Marcellus

ارشمیدس در حال ترسیم دایره برروی ماسه، پیش از کشته‌شدن به دست یك سرباز رومی.

کشید و در توصیف خواص اهرم گفته بود: «نقطهٔ اتکایی به من بدهید تا زمین را از جایش بلند کنم»، و ما تعریف نخستین اصول هیدرواستاتیك را مدیون او هستیم.

روایت می‌کنند که هیرون[2]، شاه مستبد سیراکوز ــ که گویا با ارشمیدس خویشاوندی داشت ــ از او خواسته بود اگر می‌تواند بدون آسیب رساندن به تاج او، معلوم کند آیا از طلای ناب است یا زرگری که آن را ساخته از طلایش کش رفته و به جایش نقره قاطی کرده است. به طوری که می‌دانیم ارشمیدس دربارهٔ این مسئله اندیشید و راه حل آن را به وقت استحمام در درون خزینه، ناگهان یافت: هر جسمی که در مایعی شناور باشد، مقداری فشار، از پایین به بالا، برابر با وزن مایع جابه‌جا شده پیدا می‌کند. ارشمیدس، ذوق زده از اکتشاف خود، عریان به بیرون دوید فریاد کرد «اورکا!»

---

2. Hiéron

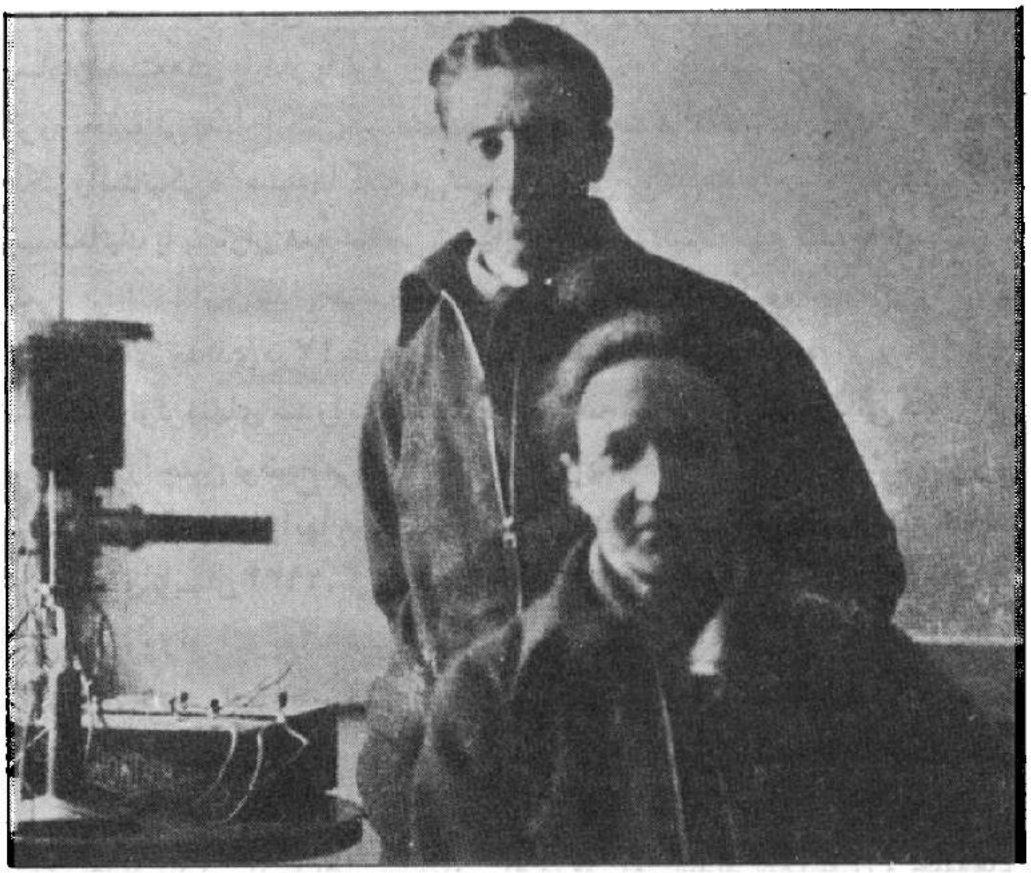
(یافتم!). اصلی که او کشف کرده بود اجازه می‌داد که بدون صدمه‌زدن به تاج هیرون نسبت طلایش را تعیین کرد.

ارشمیدس که در دوران زندگیش می‌خواست هندسه و مکانیك نظری را، که برای فلسفه بسیار اهمیت داشتند، پیش ببرد، پیوسته از سوی شاه مستبد سیراکوزز زیر فشار بود که ماشینهایی اختراع کند که کاربردهای نظامی یا غیرنظامی داشته باشد. البته او این کار را وقتی که شهر زادگاهش در مخاطره بود انجام داد. اما روایت می‌کنند که او همیشه تقاضای هیرون را که انتظار داشت نبوغش را منحصراً در کارهای عملی به کار اندازد، رد می‌کرده است. می‌گویند بزرگ‌ترین شادیش کشف خواص شکلهای هندسی بوده که در همهٔ زمانها وجود داشته‌اند، منتها ریاضیدانان پیش از او به آنها توجهی نکرده بودند.

کنشهای اورانیوم

در اوایل همین قرن، تحقیقات بنیادی در میکروفیزیك به نظر نمی‌رسید که کمترین کاربردی داشته باشد. در ژوئیهٔ ۱۹۳۲ روزنامه‌نگاری با فردریك ژولیو، که آن وقت دستیار ماری کوری در انستیتو رادیوم پاریس بود، مصاحبه‌ای انجام داد. چند ماه پیش از آن، جمس چادویك در انگلستان نوترون را در پی آزمایشهای فردریك و ایرن ژولیو-کوری کشف کرده بود. روزنامه‌نگار، از فیزیکدان جوان پرسشهایی دربارهٔ تحقیق بنیادی و تحقیق کاربردی می‌کند. فردریك ژولیو پاسخ می‌دهد: «اینك ما روی نوترون کار می‌کنیم. دقیق‌تر بگویم، ما داریم روی تابشهای هستهٔ مرکزی اتمها مطالعه می‌کنیم. در این باره مرتباً از همه طرف از ما می‌پرسند!» نتیجهٔ این پژوهشها چه مصرفی خواهد داشت؟ «ما چیزی دربارهٔ مصرف آن نمی‌دانیم و علاقه‌ای هم به دانستنش نداریم».

دانشمند نمی‌توانست مدتی طولانی بر این عقیده باقی بماند. سه‌سال بعد در استکهلم در مراسم اعطای جایزهٔ نوبل، در نتیجه‌گیری کنفرانسش اظهار می‌کند: «اگر به آهنگ پیوسته فزایندهٔ پیشرفت علم در چند دههٔ گذشته نگاه کنیم، حق داریم فکر کنیم که محققان با توانایی و امکانی که در ساختن یا در تخریب عناصر به اراده خود پیدا می‌کنند، بزودی موفق به کشف تبدّلاتی با خصلت انفجاری، واکنشهای شیمیایی



فردریك وایرن ژولیو- کوری در رصدخانهٔ یونگفرو (سویس)، در ۱۹۳۲

زنجیره‌ای واقعی، خواهند شد. اگر چنین تبدّلاتی بتواند در مادّه گسترش پیدا کند، می‌توان به انرژی رهاشدهٔ عظیمی فکر کرد که مورد استفاده واقع شد.

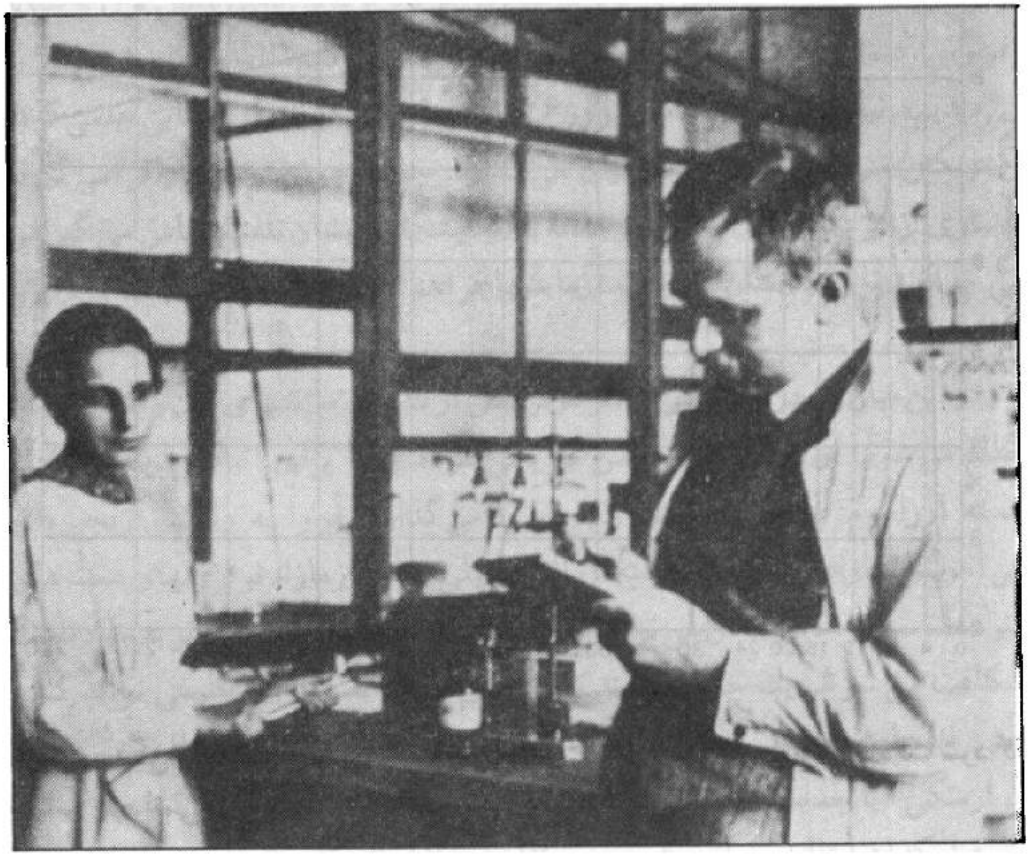
آنچه دراین فاصلهٔ زمانی، درژانویهٔ ۱۹۳۴، فردریك ژولیو وزنش ایرن، دختر پی‌یر و ماری کوری، کشف کرده بودند، رادیو اکتیویتهٔ مصنوعی بود. یعنی امکان ساختن، ایجاد کردن ذرات تابشی جدید، ایزوتوپهای رادیو اکتیو عناصر شیمیایی عموماً پایدار، ازراه بمباران باذرات آلفا. هسته‌های رادیو اکتیو تشکیل شده‌ای مثل فسفر ۳۰، رادیو اکتیوی طبیعی نظیر رادیو اکتیو رادیوم دارند. اما این هسته‌ها دیگردر طبیعت وجود ندارند، زیرا عمر رادیواکتیو بودن آنها به سر رسیده است، به عبارت دیگر، دورهٔ رادیو اکتیو بودنشان کوتاه‌تر از آن بوده است که از زمان تشکیل منظومهٔ شمسیِ ما تاکنون دوام بیاورند.

چند هفته پس از این کشف، انریکو فِرمی و گروهش در رُم به فکر افتادند که با بمباران هسته‌های پایدار با نوترونها، عناصر رادیواکتیو مصنوعی تولید کنند. این گروه تحقیقاتی به بار الکتریکی مثبت پروتونهای هسته، که به زبان فیزیکی سد «دفع الکترواستاتیکی»[3] هسته‌ها گفته می‌شود، توجهی نداشتند. فِرمی کارش را به طور سیستماتیك با بمباران همهٔ عناصر شیمیایی که می‌توانست تهیه کند، به ترتیبِ عدد اتمیِ فزاینده‌شان و ابتدا با هیدروژن شروع کرد. ازماه ژوئن، گروه تحقیقاتی رم، رادیو اکتیویته‌های جدیدی در ۴۷ عنصر پیدا کرد. در طول آزمایشها، گروه، اثر برهم کنشیِ بسیار مهم نوترونهای کُند را با هسته‌ها، که ابتدا عجیب می‌نمود، کشف می‌کند. فِرمی بزودی آن را چنین توضیح می‌دهد که این نوترونها به دلیل کُندبودن، مدت بیشتری را درهسته‌هایی که باید از آنها عبور کنند، می‌گذرانند، لذا برهم کنشیِ قوی‌تری دارند.

در طول تابستان ۱۹۳۴، گروه فِرمی سنگین‌ترین عناصر شناخته‌شده در طبیعت، یعنی توریوم و اورانیوم را با نوترونها بمباران می‌کند. آنگاه، فیزیکدانها تعداد زیادی هسته‌های جدید رادیواکتیو مشاهده می‌کنند. آنها خیال می‌کنند توانسته‌اند عناصر شیمیایی سنگین‌تر از اورانیوم بسازند که هنوز در روی زمین ناشناخته‌اند. با این همه، این تعریف با یك رشته تناقضات روبه‌رو می‌شود؛ مخصوصاً وفور ایزوتوپهای جدید برای تعداد اندکی از عناصر شیمیایی که موفق نمی‌شدند شکلبندی و حلقه‌های ارتباطیشان را بفهمند. گروههای علمی دیگر در کشورهای مختلف، این آزمایشها را از سر می‌گیرند تا شاید معما را حل کنند. دو گروه سرشناس دراین میان، ایرن ژولیو-کوری و پاول ساویچ[4] در انستیتو رادیوم پاریس، و اوتو هان و لیزه میتنر در انستیتو شیمی کایزر ویلهلم برلین، با هم در رقابت هستند: تعریفها و نتایج ضد ونقیض، مدت چهارسال ادامه می‌یابد، تا اینکه اوتو هان، شیمیدان مجرّب که پیش از آن چندین عنصر رادیو اکتیو طبیعی را کشف و مجزا کرده بود، با دستیارش فریتس اشتراسمان، موفق به کشفی می‌شود که او را به توضیح درست هدایت می‌کند: برخی از رادیو اکتیویته‌های اسرارآمیز به ایزوتوپهای رادیواکتیو باریوم مربوط می‌شود، عنصر شیمیایی با عدد اتمی خیلی کوچك‌تر از عدد اتمی اورانیوم؛ هسته‌های اورانیوم در اثر برهم کنشی با نوترونها به دو هستهٔ مکمل با جرم متوسط تقسیم می‌شود که در میانهٔ جدول تناوبی

---

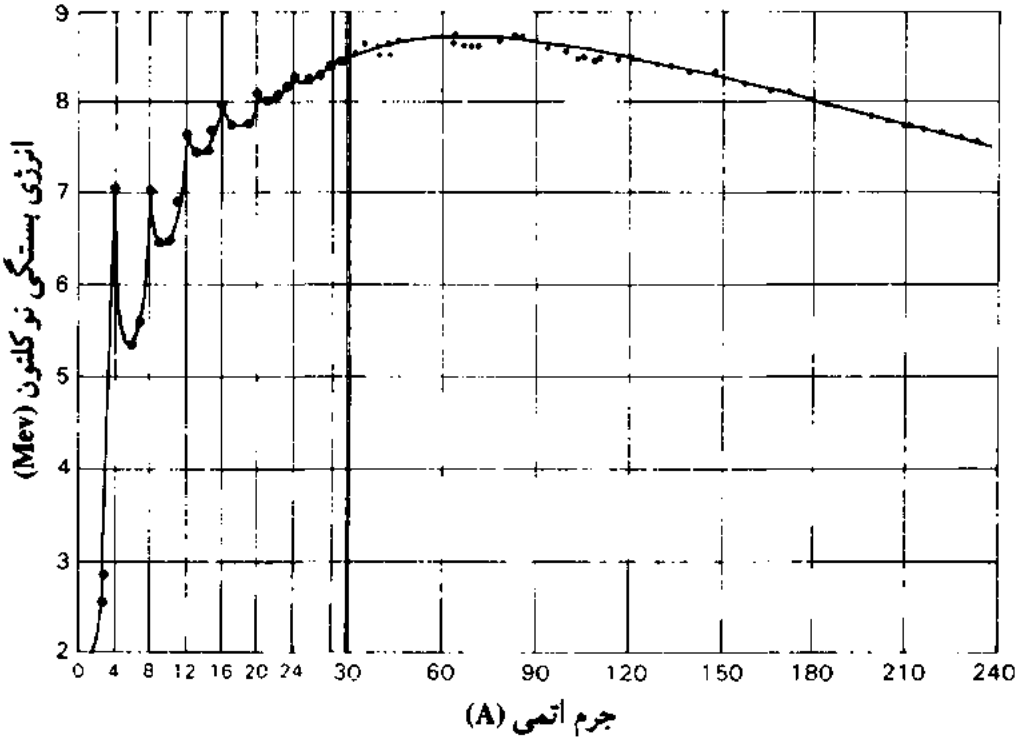
3. electrostatic repulsion (=Coulomb repulsion) 4. Pavel Savitch



لیزه میتنر و اوتوهان در آزمایشگاه شیمی انستیتو کایزر ویلهلم، در نوامبر ۱۹۱۳.

عناصر جا داشت.

در دسامبر ۱۹۳۸ هستیم، و نتایج این کشف در ۶ ژانویهٔ ۱۹۳۹ در مجلهٔ *Naturwissenschaften* منتشر خواهد شد. تبلیغات ضد یهودی که در این ایام در آلمان نازی موج می زد و ضمیمه کردن اتریش به آلمان در بهار ۱۹۳۸، لیزه میتنر را که ملیت اتریشی و تبار یهودی داشت مجبور می کند که در ژوئیهٔ همان سال مخفیانه از مرز میان آلمان و هلند بگذرد و به سوئد پناهنده شود. اوتو هان حتی پیش از انتشار مقاله به همکار قدیمیش می نویسد که چه کشفی کرده است. چندین نامه در فاصلهٔ اواخر دسامبر و اوایل ژانویه میانشان مبادله می شود. اوتو هان می خواست هرجور شده لیزه میتنر را در نتایج جدیدش شریك کند: او از لیزه میتنر می خواهد که تفسیری برای



انرژی بستگی بر حسب نوکلئون هسته‌های متفاوت به تبع عدد جرم اتمیشان. دقت شود که مقیاس جرم اتمی از عدد ۳۰ به بعد تغییر می کند.

پدیده پیدا کند. لیزه میتنر دربارهٔ موضوع با برادرزاده‌اش اوتو فریش، که او هم فیزیکدان بود و به مناسبت عید نوئل به دیدار عمه‌اش آمده بود، به تبادل نظر می پردازد. دو فیزیکدان به تعریف درستی می رسند؛ هستهٔ اورانیوم که می توان آن را به قطرهٔ مایعی تشبیه کرد، با جذب یك نوترون، انرژی اضافی دریافت می کند. در این صورت، هسته تغییر شکل می‌دهد و نیروی دفع الکترواستاتیکی متقابل پروتونها بر قدرتهای هسته‌ای جاذب فائق می آید و در نتیجه، هسته به دوپاره تقسیم می شود. فریش این فرایند جدید را شکافت (fission) می نامد. دوپارهٔ شکافت، هر کدام به سمتی می رود و انرژی قابل ملاحظه‌ای آزاد می کند. پیوند هسته‌های متوسط از هسته‌های اورانیوم بیشتر است و با تشکیل آنها، پس از عبور از سد دفع الکترواستاتیکی، انرژی بیشتری به دست می آید.

اوتو فریش شخصاً برای مشاهدهٔ گسیل دوپارهٔ هسته دست به آزمایش می زند و پس از بازگشت به آزمایشگاهش در کپنهاگ، خبر شکافت هسته در آلمان نازی را به نیلس

بور، در لحظه‌ای که آمادهٔ سفر به ایالات متحدهٔ امریکا بود، می‌دهد. نیلس بور، به نشانهٔ افسوس، دستی به پیشانی می‌زند و می‌گوید «چه جنگی بودیم ما! اما می‌باید زودتر آن‌را می‌دیدیم». نیلس بور، اطلاعات را روز ۲۶ ژانویهٔ ۱۹۳۹، در یك گردهمایی علمی که در واشینگتن تشکیل شده بود، درمیان می‌گذارد. جنب‌وجوش جلسه را فرا می‌گیرد، بسیاری از فیزیکدانهای حاضر درجلسه با آزمایشگاههایشان تلفنی تماس می‌گیرند و می‌خواهند تا رسیدنشان مقدمات آزمایشها فراهم شود.

در این میان، فردریك ژولیو در کُلژدوفرانس از نتایج آزمایشهای هان و اشتراسمان مطلع می‌شود. او بلافاصله آزمایش فیزیکی ساده‌ای را برای اثبات پدیدهٔ شکافت هستهٔ اورانیوم طراحی می‌کند و به اجرا می‌گذارد. فوراً به واکنش زنجیره‌ای می‌اندیشد. مازاد نوترونهای هستهٔ اورانیوم خیلی بیشتر از مازاد نوترونهای هسته‌های متوسط است و شکافت آن می‌تواند نوترونهای اضافی رها کند که به نوبهٔ خود باعث شکافت می‌شوند. یك چنین فرایند زنجیره‌ای می‌تواند انرژی عظیمی تولید کند و حتی انفجاری باشد. آنگاه فردریك ژولیو و همکارانش هانس هالبان[5] و لیف کوارسکی[6] با جدیت تمام یك سری آزمایشهای جدید را شروع می‌کنند.

فیزیکدان ایتالیایی، انریکو فرمی، تازه در دانشگاه کلمبیای نیویورك استخدام شده بود. او از ایتالیای فاشیست، که آنجا از پیامدهای قوانین تبعیض آمیز نژادی که پس از اتحاد موسولینی و هیتلر وضع شده بود به خاطر زنش بیمناك بود، گریخته و به ایالات متحدهٔ امریکا مهاجرت کرده بود. ۶ فوریهٔ ۱۹۳۹، انریکو فرمی، اچ. ال. آندرسون[7]، جی. ار. دانینگ[8] و سه فیزیکدان دیگر، نتایج آزمایشی را برای *فیزیکال ریویو* می‌فرستند که شکافت هسته‌های اورانیوم با بمباران نوترونها را تأیید می‌کرد.

از طرف دیگر، در پی آزمایشهای جدید، در ۸ مارس ۱۹۳۹، هالبان، ژولیو و کوارسکی طی مقاله‌ای در مجلهٔ *Nature* اعلام می‌کنند که شکافت اورانیوم با نوترونها، عملا نوترونهای جدیدی تولید می‌کند. بنابراین، یك واکنش زنجیره‌ای از لحاظ نظری امکان‌پذیر است. روایت می‌کنند که فردریك ژولیو پیش از ارسال مقاله،

---

5. Hans Halban 6. Lew Kowarski 7. H. L. Anderson
8. J.R. Dunning

همهٔ همکارانش در آزمایشگاه شیمی هسته‌ای کلژ دوفرانس را در دفتر کارش جمع می‌کند و متن مقاله را برایشان می‌خواند. یکی از این محققان پس از خروج از جلسه، یکراست به بانك طرف حسابش می‌رود و از کارمند بانك می‌پرسد: «آیا من می‌توانم سهام معادن اورانیوم بخرم؟»، ــ کارمند می‌پرسد «اورانیوم چیست؟» ــ «یك فلز سنگین که فقط در بعضی از کشورها پیدا می‌شود». کارمند بانك پس از زیر ورو کردن لیست سهام بورس می‌گوید: «اورانیوم در بورس پاریس مظنه‌گذاری نشده است، اما در بورس نیویورك چرا». محقق کلژدوفرانس می‌گوید: «می‌خواهم همهٔ پس‌اندازم را صرف خرید سهام اورانیوم در بورس نیویورك کنم، آیا می‌توانید تلگرامی بفرستید؟» کارمند بانك در پاسخ می‌گوید «ای آقا، بازار این کالا آن قدر داغ نیست که به تلگرام نیاز باشد. آیا کافی نیست که نامه بفرستیم؟» محقق درپاسخ می‌گوید: «نه، نه، حتماً می‌خواهم که تلگراف فوری مخابره کنید.» دستور اجرا شد. خیلی دیرتر، دولت امریکا همهٔ سهام اورانیوم را به قیمت خوب بازخرید کرد. پس از جنگ، محقق کلژدوفرانس، تصادفاً با همان کارمند بانك روبه‌رو می‌شود. کارمند از او می‌پرسد: «شما اطلاعات محرمانه‌ای داشتید، مگر نه؟»

لئو زیلارد[9]، فیزیکدان مجارستانی، از جملهٔ فیزیکدانهای اروپای مرکزی بود که به ایالات متحدهٔ امریکا مهاجرت کرده بودند. او مردی بود با ایده‌های بسیار. بعضی از دوستانش می‌گفتند، او هر روزه ایدهٔ تازه دارد که چند تا از آنها با ارزشند. او نسبت به رویدادهای سیاسیِ در شرف وقوع، معرفتی شهودی داشت. او به خاطر اینکه نتوانسته بود به تدریس علمی در شرایط مطلوب ادامه‌دهد کشورش را ترك کرده بود. او تحصیلاتش را در برلین همراه با ماکس پلانك و ماکس فون لاوئه[10] انجام داده بود و با نگرانی، ناظر اوجگیری نازیسم بوده است. او از آتش‌زدن رایشتاگ، پارلمان آلمان، در آغاز ۱۹۳۳، بی‌درنگ آن درسی را که باید بگیرد گرفته بود. به طوری که می‌دانیم این آتش‌سوزی به دست عوامل آشوبگر هیتلری و به تحریك گورینگ[11] صورت گرفته بود. هیتلر، که چند هفته‌ای از به قدرت رسیدنش نمی‌گذشت، با دستاویز قرار دادن آن، همهٔ مخالفانش را به زندان انداخت. کتابهایی را که با مرام نازیها موافق نبود در میدان شهر، درمیان تل آتش سوزانید. یهودستیزی، سیاست دولت شد: هر کس که

---

9. Leo Szilard 10. Max von laue 11. Goering

یهودی بود و متصدی مقامی، از مقامش معزول گردید. بسیاری از روشنفکران از آلمان هیتلری گریختند. لئو زیلارد، فردای آتش سوزی رایشتاگ به اتریش رفت، از آنجا به بریتانیای کبیر و بالاخره در ۱۹۳۸ راهی ایالات متحدهٔ امریکا شد.

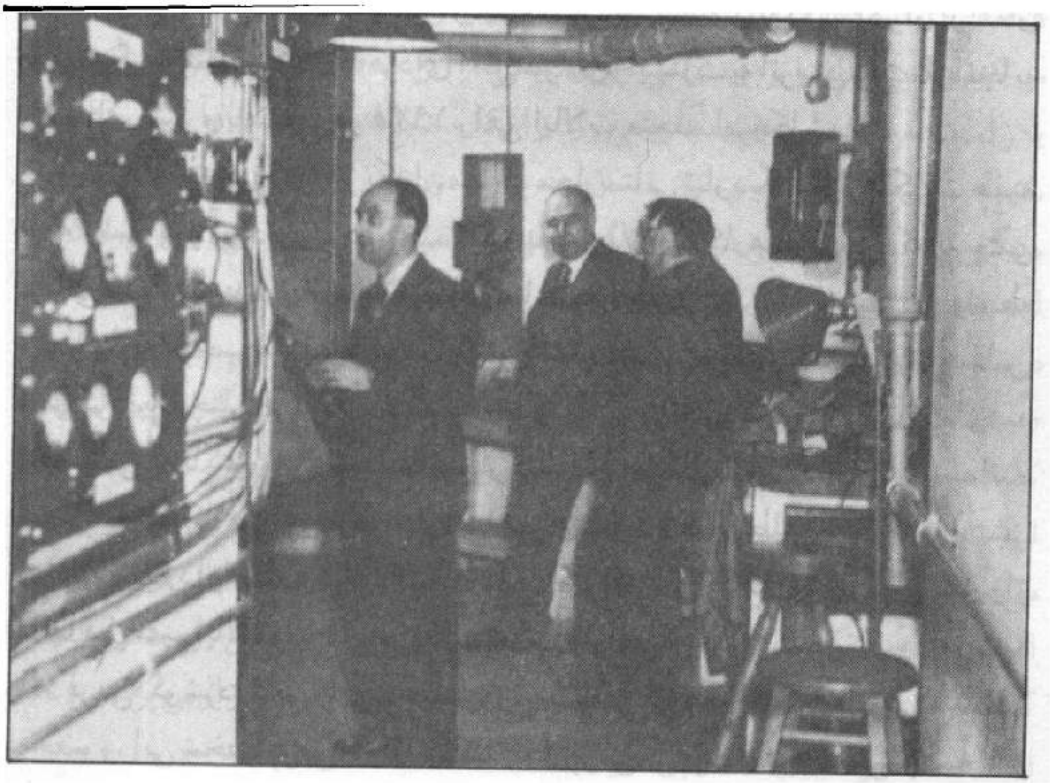
زیلارد از اوژن ویگنر، فیزیکدان مهاجر مجارستانی تبار دیگر، خبر شکافت هسته را که نیلس بور آورده بود، دریافت کرد. بدون اطلاع از کارهای فِرمی، که به چنین امکانی می‌اندیشید، زیلارد بلافاصله به احتمال یك واکنش زنجیره‌ای با واسطهٔ نوترونها که موجب شکافت هستهٔ اورانیوم شده است، می اندیشد، و فوراً احساس خطر کرد: یك چنین فرایندی می تواند راه را برای ساختن سلاحی مرگبارتر از همهٔ سلاحهایی که تاکنون می شناسیم، هموار کند. این احتمال از نظر آلمانیها دور نمانده است: لذا همهٔ کارهای مربوط به آن باید سرّی بماند و هیچ مطلبی درباره‌اش منتشر نشود.[۱۲] زیلارد از استاد فیزیك دانشگاه کلمبیا، ایزاك رابی[۱۳]، که او هم اروپایی تبار و از سالها قبل مقیم ایالات متحدهٔ امریکاست، می خواهد که خطر انتشار نتایج آزمایشها را به فِرمی گوشزد کند. رابی، چند روز بعد به زیلارد ابراز تمایل می کند که درحضور رابی شخصاً فِرمی را متقاعد کند؛ او از فِرمی می پرسد به چه دلیلی توصیهٔ او به نظرش مسخره بوده است. فیزیکدان ایتالیایی توضیح می دهد: «البته، احتمال ضعیفی وجود دارد که در فرایند شکافت هسته‌های اورانیوم، نوترونها بتوانند گسیل شوند و یك واکنش زنجیره‌ای پدید آید». «منظورتان از احتمال ضعیف چیست؟» فِرمی لحظه‌ای تأمل می کند، سپس می گوید: «شاید ده درصد». رابی، برآشفته می گوید: «احتمال ده درصد، وقتی پای مردن در میان است، احتمال خیلی زیادی است. اگر به من بگویند که مبتلا به ذات الریه هستم و احتمال مردنم ده درصد است، من بسیار نگران می شوم!».

روز ۲ فوریهٔ ۱۹۳۹، پیش از آنکه از لحاظ تجربی دانسته شود که در شکافت هستهٔ

---

۱۲. با احساس خطری مشابه، فیزیکدان آلمانی، فلوگه Flügge، که عمیقاً ضدنازی است تصمیم می گیرد دانسته‌هایش را دربارهٔ «تواناییها و امکانات واکنش زنجیره‌ای که می توان با اورانیوم به راه انداخت»، در یك مجلهٔ تخصصی منتشر کند و مخفیانه چند نسخه از آن را به زوریخ می فرستد و بدین ترتیب، خبر، به خارج از آلمان نازی درز می کند (رك: *تکاپوی جهانی*، ژان ژاك سروان شرایبر، ترجمهٔ عبدالحسین نیك گهر، تهران، نشر نو، ص. ۲۲۶.

13. I. Rabi



ا. فِرمی، ن. بور و ل. روزنفلد در دیدار از انستیتو کارنِگی، به هنگام کنفرانس واشینگتن، اواخر ژانویهٔ ۱۹۳۹.

اورانیوم نوترونهای جدیدی گسیل شده است یا نه، زیلارد از ایالات متحدهٔ امریکا نامه‌ای به فردریك ژولیو می نویسد و طی آن نگرانیش را دربارهٔ احتمال تحقق واکنش زنجیره‌ای، که می تواند نه فقط به رهایی انرژی، بلکه به ساختن بمبهای «فوق العاده خطرناك توسط برخی از دولتها» بینجامد، به اطلاع او می‌رساند. او در این نامه می‌خواهد که فیزیکدانهای کشورهای دموکراتیك با هم تبادل نظر کنند که اگر مصلحت اقتضا کند، نتایج تجربیاتشان را دربارهٔ شکافت، چنانچه این فعل وانفعال با گسیل نوترونهای اضافی همراه بود، منتشر نکنند. و به فردریك ژولیو خبر می دهد که اگر چنین باشد، با پیام تلگرافی از او خواهد خواست که در این اقدامِ سکوت و رازداری مشارکت کند. زیلارد، حتی وقتی که در انگلستان اقامت داشت. از ضرورت رازداری در برخی از زمینه‌های تحقیقات فیزیك هسته‌ای دفاع کرده بود.

در ماه مارس، گروه تحقیقاتی دانشگاه کلمبیا به داده‌های متقاعدکننده‌ای دست

می‌یابند. ا. فِرمی، ل. زیلارد و ادوارد تلر بحث دربارهٔ طرح منتشر نکردن را از سر می‌گیرند. روز ۳۱ مارس، فیزیکدان هسته‌ای، ویکتور ویسکوف، که او هم به ایالات متحدهٔ امریکا پناهنده شده بود، از پرینستون به فیزیکدان انگلیسی، پاتریك بلاکت، که به خاطر تحقیقاتش با اتاقك ابر سرشناس بود، و به هـ. هالبان، در کُلژ دوفرانس، مخاطب ف. ژولیو تلگراف می‌زند تا موافقت آنها را با خودسانسوریِ نتایج مربوط به شکافت هستهٔ اورانیوم جلب کند. اوژن ویگنر از جانب خودش به پی. ا. ام. دیراك، یکی از بنیانگذاران مکانیك کوانتومی در انگلستان نامه می‌نویسد، ول. زیلارد با نیلس بور که هنوز در ایالات متحدهٔ امریکا اقامت داشت تماس می‌گیرد تا موافقت گروه کپنهاگ را با توصیهٔ منتشر نکردن نتایج تحقیقات، جلب کند. با وصف این، همهٔ فیزیکدانهای امریکایی این دعوت را نپذیرفته بودند و نتایج آزمایشها کماکان توسط یك گروه تحقیقاتی واشینگتن منتشر می‌شد. ژولیو به ویسکوف تلگرافی پاسخ می‌دهد: «پیشنهاد ۳۱ مارس شما خیلی عاقلانه است، اما خیلی دیر به دست ما رسید».

روز ۶، سپس ۷ آوریل، زیلارد باردیگر با تلگرام و با نامه، از ژولیو مصراً می‌خواهد که از انتشار نتایج خودداری کند. اما ژولیو، که از یك طرف خیال می‌کند این اقدامِ یك فیزیکدان منفرد است و نه اقدام جامعهٔ فیزیکدانان امریکایی، و از طرف دیگر، باور ندارد که به این زودیها ساختن بمب اتمی امکان‌پذیر گردد، سرانجام در ۷ آوریل به زیلارد پاسخ می‌دهد؛ «پرسش شما را بررسی کردم. عقیده‌ام بر منتشر کردن است.»

با وجود این، پنج ماه بعد جنگ در اروپا آغاز و باعث می‌شود انتشارات دربارهٔ این موضوع، با ملاحظهٔ نتایجی که در این فاصلهٔ زمانی کسب شده بود، در دو ساحل اقیانوس اطلس متوقف گردد.

مشکلات جِرم بحرانی

تقریباً همان وقت که *ژولیو*، *هالبان* و *کوارسکی* گزارششان را دربارهٔ گسیل نوترونها به مجلهٔ *Nature* می‌فرستند، در دانشگاه کلمبیا، دو گروه پژوهشی مجاور، گروه فِرمی و همکاران و گروه زیلارد و زین[۱۴] کشف می‌کنند که شکافت هستهٔ اورانیوم

---

14. Zinn

در برهم کنشی با نوترونهای کُند، همزمان، با گسیل نوترونهای سریع همراه است. چند روز بعد، گروه کلژدوفرانس که با پیوستن شیمیدان *ام. دوده*[۱۵] به آن تقویت شده بود، با به‌کاربردن روشی هوشمندانه نشان می‌دهد که بسیاری از این نوترونهای ثانوی، سریع هستند و انرژی آنها بیشتر از ۲ میلیون الکترون‌ـولت است.

حالا دیگر مهم بود که بدانند تعداد نوترونهای گسیل شده، به طور میانگین، در هر شکافت چند تاست تا معلوم شود که یك واکنش زنجیره‌ایِ واگرا[۱۶] از لحاظ نظری امکان‌پذیر است یا نه. این تعداد در پاریس و در نیویورك، شمارش شد. در *کلژدوفرانس*، گروه *ژولیو* تعداد آن را بیشتر از سه (نوترون) می‌یابد. لذا گروه فرانسوی فکر می‌کند امکان دستیابی به رهاساختن انرژی، نزدیك است. فِرمی و همکارانش فکر می‌کنند که این تعداد، کمتر از دو (نوترون) است. گروه دانشگاه کلمبیا با احتیاط پیش می‌رود.

حالا باید معلوم می‌شد که یك واکنش زنجیره‌ای، عملا چگونه تحقق می‌یابد تابتوان دستگاه تولید کنندهٔ انرژی هسته‌ای را ساخت. شکافت با نوترونهای خیلی کُند، به اصطلاح با نوترونهای حرارتی شدیدتر است تا با نوترونهای سریع (فیزیکدانها می‌گویند که مقطع مؤثر آن بزرگ‌تر است)، اما نوترونهای ثانویِ شکافت، سریع هستند؛ پس لازم است سرعت آنها را با عبوردادن از ماده‌ای هیدروژنه مثل آب یا پارافین، یا از ماده‌ای سبك مثل کربن، کُند کرد. اما در سطحی از انرژی میانی، اورانیوم، نوترونها را جذب می‌کند بدون آنکه شکافت تحقق پیدا کند: پس باید کاری کرد که نوترونها در اورانیوم گیر نیفتند، سرعتشان را کم کرد و آنها را به درون اورانیوم هدایت کرد. فیزیکدانها فکر می‌کنند، یا از مخلوطی از پودر اکسید اورانیوم و مایعی کُندساز استفاده کنند یا از ساختاری ناهمگن مثل، مثلا، شبکهٔ مرکب اکسید اورانیوم یا اورانیوم فلز و یك کُندساز. مجموع باید اندازهٔ حداقلی داشته باشد تا نوترونها به نسبت خیلی عمده از دستگاه نگریزند. چند محاسبه ضرور بود. گروه *ژولیو*، نظریه‌پرداز *فرانسی پِرَن*[۱۷] (پسر ژان پِرَن) را به همکاری دعوت می‌کند. در گروه کلمبیا، فِرمی، هم نظریه‌پرداز است و هم فیزیکدان تجربی.

در طول بهار و تابستان، گروه کُلژدوفرانس جلوتر است و گروه دانشگاه کلمبیا با

---

15. M. Dodé 16. réaction en chaine divergente 17. Francis Perrin

فاصلهٔ نزدیکی اورا دنبال می کند. روزهای ۱ و ۲ مه، *هالبان*، *ژولیو*، *کوارسکی* و *پرَن* به نام «صندوق ملی تحقیق علمی»[۱۸] که بعداً به مرکز ملی پژوهشهای علمی (C.N.R.S) تغییر نام داد، سه پروانهٔ اکتشاف به ثبت می‌رسانند:

ــ دربارهٔ ساختن دستگاه تولید انرژی به وسیلهٔ شکافت؛

ــ دربارهٔ روش تثبیت و کنترل یك چنین دستگاه؛

ــ دربارهٔ خرج انفجاری که ممکن است با مواد شکافت‌پذیر ایجاد گردد.

برای مشخص کردن یك چنین نظامی، آنها یك جِرم بحرانی تعیین می کنند؛ حداقل جرم لازم برای آنکه یك واکنش زنجیره‌ای واگرا، یعنی ازلحاظ نظری نامحدود، بتواند بسط پیدا کند. بلافاصله گروه فرانسوی، شرایط عملی ایجاد یك رآکتور هسته‌ای رادر مدّ نظر می گیرد.

ف. *ژولیو* از همان روز ۴ مه، نامه‌ای به نمایندگان **شرکت معدنی کاتانگای علیا**[۱۹] در بروکسل نوشته بود؛ این شرکت در کنگوی بلژیك از مهم‌ترین معدنِ شناخته‌شدهٔ اورانیوم تا آن زمان، بهره‌برداری می کرد. روابط میان شرکت معدنی کاتانگای علیا و انستیتو رادیوم پارس، پرسابقه و حسنه‌بود. همین شرکت برای *ماری کوری*، رادیوم و مواد مشتق از آن را تهیه کرده بود و او روشهای بسیار مفیدی برای تجزیهٔ شیمیایی این کانیها ابداع کرده بود. *ا. سانژیه*[۲۰] رئیس هیئت مدیرهٔ شرکت معدنی، که *فردریك ژولیو* روز ۸ مه برای دیدار با او به بروکسل می‌رود، در جا متوجه اهمیت نتایج جدید علمی می شود. او چند تن اکسید اورانیوم در اختیار گروه پاریسی قرار می‌دهد تا آنها بتوانند اولین نمونه از آنچه را که امروز رآکتور هسته‌ای گفته می شود، ایجاد کنند. *هالبان*، *ژولیو* و *کوارسکی* در آزمایشگاه «سنتز اتمی ایوری[۲۱]»، که آنجا فضا وسیع تر از کلژدوفرانس بود، مستقر می شوند. آنها در طول تابستان، پی درپی مخزنهای کروی مسی به قطر ۳۰، ۵۰ و ۹۰ سانتیمتر، محتوی مخلوطی از اکسید اورانیوم و آب می سازند. اندازه‌گیری چگالی نوترونها در این مخزنهای کروی، قرائنی ازوجود ابتدای یك واکنش زنجیره‌ای را به آنها نشان می‌دهد. در اولین

---

18. Caisse Nationale de la Recherche Scientifique

19. l'Union Minière du Haut-katanga

20. E. Sangier 21. Synthèse Atomique d'Ivry

روزهای سپتامبر ۱۹۳۹ جنگ در اروپا شروع می شود. مقاله‌ای که دربارهٔ نتایج به دست آمده در آزمایشگاه، روز ۱۹ سپتامبر ۱۹۳۹ تحویل داده شده بود، در مجلهٔ *فیزیك ورادیوم*[۲۲] منتشر خواهد شد. اما کارهای بعدی دیگر منتشر نخواهند شد و شاهد آن، پاکت مُهر وموم شده‌ای است که روز ۳۰ اکتبر ۱۹۳۹ به آکادمی علوم سپرده شده بود و پس از جنگ به تقاضای نویسندگان آن، روز ۸ اوت ۱۹۴۸ گشوده می شود.

در این میان، در تاریخ اول سپتامبر ۱۹۳۹ در *فیزیکال ریویو*، تحلیل نظری تفصیلی دربارهٔ مکانیسم شکافت به قلم *نیلس بور* و *جان آرچیبالد ویلر* منتشر می شود. در این مقاله ــ و در یادداشت کوتاه قبلی ماه فوریه ــ است که آنها با تشریح خواص هسته چونان قطره‌ای مایع، اثبات می کنند که شکافت به وسیلهٔ نوترون کُند، نتیجهٔ ایزوتوپ کمیاب اورانیوم، یعنی اورانیوم ۲۳۵ است که به حالت طبیعی به مقدار ۰/۷ در صد موجود است، و نه ایزوتوپ فراوان، اورانیوم ۲۳۸، که نوترونها را در خودش جذب می کند بدون آنکه به دو قسمت شکسته شود. هسته‌های زوج، پیوندشان فشرده‌تر است: لذا، اورانیوم ۲۳۵ با جذب یك نوترون کُند، به یك هستهٔ زوج ناپایدار (اورانیوم ۲۳۶) تبدیل می شود. انرژیی که از این برهم کنشی آزاد می شود، خیلی زیاد است؛ چیزی که شکافت را ممکن می سازد. بنابراین، تمامی شناختهای لازم برای ایجاد یك رآکتور هسته‌ای یا برای ساختن یك بمب اتمی، در اولین روزهای جنگ، منتشر شده بود. وانگهی، همهٔ این اطلاعات در یك مقالهٔ مفصل ترکیبی گردآوری و در ژانویهٔ ۱۹۴۰ در ایالات متحدهٔ امریکا در مجلهٔ *فیزیك مدرن*[۲۳] منتشر شد. اما از این داده‌های علمی تا تحقق علمی، راه، دراز و نامطمئن بود. فکر می کردند برای دستیابی احتمالی به هدف، سالها وقت لازم است؛ مقادیر معتنابهی اورانیوم باید تصفیه و تجزیه می شد. باید به نتیجه کار باور پیدا می کردند، زیرا امکانات مالی عظیمی باید بسیج می شد.

در پاییز ۱۹۳۹ ف. ژولیو در آزمایشگاهش به خدمت زیر پرچم در زمان جنگ گمارده می شود. *هالبان* و کوارسکی با او می مانند، اما بسیاری از محققان جوان به جبهه اعزام می شوند. *رائول دوتری*[۲۴] وزیر صنایع نظامی فرانسه، ژولیو را به حضور می پذیرد، و فیزیکدان، همهٔ کاربردهای ممکنِ پژوهشهای در دست اجرا را برایش شرح می دهد. او

---

22. journal de Physique et Le Radium
23. *Review of Modern Physics*
24. Raoul Dautry

ترجمهٔ نامهٔ فردریك ژولیو-کوری به «شرکت معدنی کاتانگای علیا»

۱۰ مه ۱۹۳۹

آقای لوکوانت
رادیوم بلژیك
۸، مونتانی دوپارك
بروکسل

آقای عزیز،

از شما به خاطر استقبال گرمی که از من به هنگام سفرم به بروکسل کرده‌اید، سپاسگزارم. یقیناً شما مسبوق هستید که در پی تماس تلفنی آقای لوشین، جلسهٔ ملاقاتی در پاریس، برای روز شنبه ۱۳ مه، ترتیب داده شده است. برای سهولت مذاکرات، ما علاقه‌مندیم بدانیم اورانات سدیم درچه شرایطی در بلژیك انبار شده است، مخصوصاً بسیار مهم است که شکل و ابعاد کپه‌ها (یا دقیق‌تر گفته باشم، بزرگ‌ترین بسته‌بندی متصل شامل اجزایی مثل بشکه، صندوق و غیره، محتوی اورانات)، ترکیب تقریبی شیمیایی (میزان رطوبت) و چگالی ظاهری محصول در کپه را بدانیم.

جسارتاً دربارهٔ اهمیت این موضوع که دست کم قسمتی از این اطلاعات قبل از شنبه در اختیار ما گذاشته شود تأکید می‌کنم.

متمنی است احساسات احترام‌آمیز مرا بپذیرید.

ف. ژولیو کوری

به مواد اولیه نیاز دارد، اورانیوم همچنین مادهٔ کُندساز. دوتری قول هر گونه کمك لازم را به او می دهد.

پس از انجام دادن چند آزمایش، گروه پژوهشی کُلژدوفرانس دریافت که هیدروژنِ آب معمولی می تواند نوترونها را جذب کند و بنابراین، مادهٔ کُندساز مطلوبی نیست. در عوض آب سنگین، مرکب از اکسیژن و هیدروژن سنگین، دوتریوم ــ ایزوتوپ کمیاب جرم دو هیدروژن ــ می تواند چنین نقشی را ایفا کند. اما در این زمان، تهیهٔ آب سنگین، از آب معمولی، به مقدار قابل ملاحظه، فقط در نروژ، در کارخانهٔ الکتروشیمی شرکت نورسك هیدرو[۲۵] عملی شده بود. آب سنگین، بازار مصرف محدودی نزد پژوهشگران آزمایشگاهی داشت.

تصمیم گرفته شد ستوان یکم *ژاك آلیه*[۲۶] در رأس یك گروه کماندویی، برای آوردن آنچه که آن زمان ذخیرهٔ جهانی آب سنگین را تشکیل می داد، به نروژ اعزام شود. افسر فرانسوی با نام مستعار به اسلو رسید. او با مدیر شرکت نورسك هیدرو، که برخی از مقامات سفارت فرانسه در نروژ به او به عنوان داشتن احساسات موافق آلمانیها مشکوك بودند، ملاقات کرد. برخلاف انتظار، *ژاك آلیه* با یك مدیر نروژی دوستدار فرانسه روبه‌رو شده بود، که آماده بود تمامی ذخیرهٔ آب سنگین را به طور رایگان به فرانسه بدهد. حالا باید ترتیب کار طوری داده می شد که مأموران مخفی آلمانی بویی نبرند. همهٔ موجودیِ ۱۶۷ لیتر آب سنگین در ۲۶ جلیك ریخته شد و نیمه‌شب از کارخانه به فرودگاه اسلو برده شد؛ آنجا چنین وانمود کردند که آنها را در هواپیمای عازم آمستردام بارگیری می کنند، در حالی که محموله در هواپیمای عازم پِرت[۲۷] از شهرهای اسکاتلند، بارگیری شده بود. هواپیمای عازم آمستردام بین راه از سوی شکاریهای آلمانی جهت بازرسی مجبور به فرود در هامبورگ شد. اما ستوان آلیه همراه با محمولهٔ گرانبهایش درست قبل از هجوم ارتش آلمان به نروژ به پاریس رسید.

روابط *فردریك ژولیو* با حکومت فرانسه و با مقامات مختلف و شرکتهای صنعتی در فرانسه آسان‌تر از روابطی بود که فیزیکدانهای ایالات متحدهٔ امریکا با حکومت امریکا داشتند: *فردریك ژولیو*، دانشمندی بود شناخته شده و جاافتاده، که از مدتها پیش با بیشتر مسئولان دولتی و صنعتی روابط صمیمانه‌ای به هم زده بود. برعکس، در ایالات

---

25. Societe Norsk Hydro 26. Jacques Allier 27. Perth

متحدهٔ امریکا، فیزیکدانها اکثراً از مهاجران بیگانه بودند که چندان شناختی از چم و خم دستگاه اداری وصنعتی کشور میزبانشان نداشتند. با وصف این، ایالات متحدهٔ امریکا در جنگ شرکت نداشت، هیچ تهدیدی بر روی قارهٔ امریکا سنگینی نمی کرد و در این شرایط، تحقیق علمی می توانست بدون وقفه ادامه پیدا کند.

تحوّل جنگ، مشکلات جدّی برای گروه پژوهشی فرانسوی ایجاد کرد. تسخیر فرانسه، گروه را مجبور کرد که با ذخیرهٔ آب سنگین، نخست به کِلرمون فِران[۲۸]، سپس به بوردو[۲۹] که خارج از منطقهٔ نفوذ آلمانیها بود، بروند. در ژوئن ۱۹۴۰، در لحظهٔ سقوط ارتش فرانسه، ژولیو محمولهٔ آب سنگین و مقداری یادداشتهای علمی را به *هالبان* و *کوارسکی* تحویل می‌دهد، که با دردست داشتن حکم مأموریتی سوار ناو انگلیسی برومپارك[۳۰]، به فرماندهی *لرد سوفولك*[۳۱]، می شوند. ژولیو تصمیم می گیرد در فرانسه بماند. دانشمند، روپوش آزمایشگاه را از تن بیرون می کند و لباس رزم می پوشد. فرانسه اشغال شده بود، ژولیو به عنوان رئیس «جبههٔ ملی برای رهایی فرانسه»[۳۲] به نهضت مقاومت و به حزب کمونیست ملحق می شود. تحقیقات فرانسوی دربارهٔ انرژی هسته‌ای، مدت چهارسال، تا زمان رهایی فرانسه، متوقف می شود. دانشمند انگلیسی پی. بلاکت در ۱۹۵۸ در یکی از مقاله‌هایش نوشته است، اگر جنگ درنمی گرفت، نخستین رآکتور هسته‌ای احتمالا در فرانسه ایجاد می شد.

حال ببینیم چگونه در پی این نخستین پژوهشها، در طول سالهای جنگ جهانی دوم، دانشمندان توانستند به مرحلهٔ عملی، یعنی، رهایی انرژی هسته‌ای به مقیاس بزرگ، گذر کنند.

فیزیکدانهای انگلیسی، از جمله جمس چادویك، به امکانات واکنش زنجیره‌ای در اورانیوم اندیشیده بودند، اما دو دانشمند آلمانی تبار که به انگلستان مهاجرت کرده بودند، نظریه‌پردازان *رودولف پایرلز*[۳۳]، و فیزیکدان تجربی *اوتوفریش* (که از دانمارك

---

28. Clermont-Ferrand 29. Bordeaux 30. Broompark

31. Lord Suffolk 32. Front National pour la libération de la France

33. Rudolf Peierls

آمده بود) بیشترین سهم را در پیشبرد تحقیقات انگلیسیها داشته‌اند. حدود پاییز ۱۹۳۹، *پایرلز*، معادله‌های عمومی برای محاسبهٔ دقیق‌ترِ جرم بحرانیِ یك مادهٔ شکافت‌پذیر را وضع کرده بود. یکی از شبهای ماه مارس، فریش بدون مقدمه از خودش می‌پرسد، جرم بحرانی یك گوی اورانیوم ۲۳۵ خالص، که از لحاظ ایزوتوپی از اورانیومِ فراوان‌ترِ ۲۳۸، جدا شده باشد، چقدر است. فریش موضوع را با *پایرلز* درمیان می‌گذارد و دونفری شروع به محاسبهٔ سریعی می‌کنند، و در بُهت زدگی کامل درمی‌یابند که فقط یك کیلوگرم اورانیوم ۲۳۵ برای تولید انفجارهسته‌ای مستقیماً با واسطهٔ نوترونهای سریع، بدون مادهٔ کندساز، کفایت می‌کند. این نتیجهٔ شگفت‌انگیز، آنها را برمی‌انگیزد که حکومت انگلیس را از آن مطلع کنند. یك ماه پس از آن، کمیته مود[۳۴]، مرکب از عالیمقام‌ترین دانشمندان انگلیسیِ آن دوره، ایجاد می‌شود. این کمیته، گزارشی تهیه می‌کند با این نتیجه‌گیری که بریتانیای کبیر ناگزیر است به اقداماتی دست زند که می‌توانند به ساختن بمب اتمی منتهی شوند. این گزارش، گام اول را یافتن روشهای مناسب برای جدا کردن اورانیوم ۲۳۵ از اورانیوم طبیعی می‌دانست؛ کاری که چندان ساده هم نبود. بریتانیاییها تلاش عظیمی را در این راستا آغاز کردند.

هالبان و *کوارسکی* که در ژوئیهٔ ۱۹۴۰ به انگلستان رسیده بودند، در کمبریج با همکاران جدیدی کارهای ناتمام مانده در فرانسه را از سر گرفتند، آنها می‌خواستند با اکسید اورانیوم و آب سنگین، دستگاه مولّد انرژی، که آن را پیل اتمی می‌نامیدند، بسازند. در کمبریج همهٔ صاحبنظران با دو فیزیکدان کُلژدوفرانس همعقیده نبودند: بعضیها به نتیجهٔ کار با نظر تردید می‌نگریستند، اما همه فکر می‌کردند که تا رسیدن به هدف، راه پرفراز و نشیبی باید طی شود.

نامهٔ آلبرت اینشتین

دربارهٔ نقش *آلبرت اینشتین* و دانشمندان پناهندهٔ دیگر در تصمیماتی که به ساختن بمب اتمی منجر شد، غالباً پرسشهایی مطرح می‌شود. من می‌خواهم به شما نشان دهم

---

34. Maud

که چگونه این دانشمندان مجبور شدند توصیه‌هایی بکنند که امروز ممکن است با فلسفهٔ اولیه‌شان متناقض به نظر برسد. برای این منظور رویدادهای سیاسی از ۱۹۳۸ تا ۱۹۴۱ را اجمالا مرور می کنیم.

آنها که روشن بین تر از دیگران بودند، فرارسیدن خطر را از خیلی پیشتر احساس کرده بودند. مردم کشورهای دموکراتیك، رسیدن موج موج پناهندگان از آلمان، سپس از اروپای مرکزی و از ایتالیا را که از ستمهای سیاسی و ضدیهود می گریختند، دیده بودند. در میان این پناهندگان، تعداد زیادی هم دانشمند دیده می شد. نازیها نخستین بازداشتگاههای مخالفان سیاسی را ایجاد کرده بودند. اتریش در ۱۹۳۸ ضمیمهٔ آلمان شده بود. هیتلر پس از گرفتن سرزمین سودِت[۳۵] در مارس ۱۹۳۹ تمامی چکسلواکی را اشغال کرده بود. حکومتهای مجارستان، رومانی و بلغارستان به صورت کشورهای اقماری محور رم-برلین درآمده بودند. استالین به گمان اینکه می تواند خطر را از اتحاد جماهیر شوروی دورکند، پیمان عدم تعرض آلمان-شوروی را اواخر اوت ۱۹۳۹ با هیتلر امضا می کند. آلمان پس از نبردی خونین لهستان را تصرف می کند. فرانسه و انگلستان علیه آلمان وارد جنگ می شوند. در آوریل ۱۹۴۰ آلمان به دانمارك و نروژ و یك ماه بعد به بلژیك و هلند و سپس به فرانسه حمله می برد و ارتش فرانسه را درهم می شکند. مارشال پتن پیمان متارکهٔ جنگ را در حالی که دوسوم خاك فرانسه به اشغال نیروهای آلمان درآمده است، با هیتلر امضا می کند. از تابستان ۱۹۴۰، به مدت یك سال، تا زمان حملهٔ نازیها به اتحاد جماهیر شوروی، بریتانیای کبیر در برابر آلمان نازی و ایتالیای فاشیست، با شهرهایش که در معرض بمباران بی وقفه بودند، تنها مانده بود. یونان و یوگسلاوی هم در کمتر از یك سال بعد به تصرف نیروهای آلمانی درآمدند. هیتلر در ژوئن ۱۹۴۱ حمله به اتحاد جماهیر شوروی را آغاز خواهد کرد. درنظر پناهندگان، دنیا در آستانهٔ سقوط در چنگ آلمان نازی بود.

جنگ به اروپا محدود نماند. درشرق دور، ژاپن متحد محور، پی درپی منچوری را در ۱۹۳۱، سپس شمال و شرق چین و بالاخره سایر سرزمینهای جنوب شرقی آسیا را تسخیر کرده بود. در دسامبر ۱۹۴۱ نیروهای ژاپنی به بندر امریکایی پرل هاربور در جزایر هاوایی یورش می برند و همین، باعث ورود ایالات متحدهٔ امریکا به جنگ

---

35. Sudetes

می شود.

افکار عمومی جهانیان از مشاهدهٔ بمبارانهای وحشیانهٔ جمعیتهای غیر نظامی و صفهای طولانی آوارگان روی جاده‌ها، منفعل و منزجر شده بود: همه شاهدِ گرنیکا در ایالت باسك در جنگ داخلی اسپانیا، روتردام در هلند، کاونتری، سپس لندن در بریتانیای کبیر، شانگهای، چونگ کینگ و قتل عام نانکن بودند.

درایالات متحدهٔ امریکا، پیش از حمله برق‌آسای ژاپنیها به بندر پرل هاربور، بخشی از افکار عمومی، وفادار به ایده‌های انزواطلبی کشور، به رویدادهای جهانی بی‌اعتنا مانده بود. اما در عوض، پناهندگانی که از اروپا آمده بودند نسبت به تهدید نازیها ودهشتِ همه جا حاضرِ آن آگاه بودند. آنها می‌دانستند که با تسلط نازیها دیگر هیچ کس در هیچ کجا در امان نخواهد بود و بزودی در هیچ کجای دنیا، نقطه‌ای که بتوان به آنجا پناه برد، وجود نخواهد داشت. زیلارد، که چند لحظه پیش از او صحبت می کردیم، در میان این جمع، نگران آینده بود. او فکر می کرد، اگر واکنش زنجیره‌ای می تواند به ساختن سلاحی مرگبار بینجامد، هیتلر نباید اولین کسی باشد که به آن دست می یابد. در حالی که، نخست در برلین بود که شکافت هستهٔ اورانیوم کشف شده بود و می‌دانیم که یکی از انستیتوهای کایزر ویلهلم فعالانه روی مسئلهٔ اورانیوم کار می کرد. امریکا می باید به فوریتِ تعهد در این مسابقهٔ مرگ و زندگی آگاه می شد و همچنین تدابیری می اندیشید که مواد اولیهٔ لازم، مثل اورانیوم کنگوی بلژیك، به دست آلمانیها نیفتد.

در آغاز، تحقیقات را چند تن از فیزیکدانان مهاجرِ سرشناس با دستیاری امریکاییان جوان اداره می کردند. نخستین تماس با یك مرجع حکومتی امریکایی در ۱۶ مارس ۱۹۳۹، فردای اشغال چکسلواکی به توسط نازیها، صورت گرفت. گ. *پگرام*[۳۶]، رئیس دانشکده‌ای از دانشگاه کلمبیا به اصرار همکارانش اطلاعیه‌ای به وزارت نیروی دریایی فرستاد. چند ماه بعد، زیلارد و ویگنر تصمیم می گیرند *آلبرت اینشتین* را که از پرآوازه‌ترین دانشمندان اروپایی پناهنده به ایالات متحدهٔ امریکا بود از احتمال خطر تهدید کننده آگاه کنند. آنها امکان واکنش زنجیره‌ای در اورانیوم را برایش شرح می‌دهند. پس از تبادل نظر با چند تن دیگر، قرار گذاشته می شود که

---

36. G. Pegram

آلبرت اینشتین مستقیماً نامه‌ای به پرزیدنت *روزولت* بنویسد. نامه آماده می‌شود. *آلکساندر ساخس*[۳۷]، مشاور اقتصادی یك شرکت بزرگ که آشنایی شخصی با پرزیدنت روزولت دارد با پادرمیانی زیلارد می‌پذیرد که نامهٔ آلبرت اینشتین را که به تاریخ ۲ اوت ۱۹۳۹ امضا کرده است، در ملاقات حضوری به دست شخص رئیس جمهوری ایالات متحدهٔ امریکا بدهد. با وجود این، ساخس نامه را روز ۱۱ اکتبر همان سال پس از ورود فرانسه و انگلستان در جنگ، به روزولت می‌رساند، نامهٔ آلبرت اینشتین (که ترجمهٔ کامل آن ضمیمه است) چنین آغاز می‌شود: «نتایج آزمایشهای جدید *ا. فِرمی* و *ل. زیلارد* که به صورت دستنویس در اختیارم گذاشته شده، مرا به این نتیجه می‌رساند که فکر کنم که عنصر اورانیوم...» پایین‌تر ادامه می‌دهد: «این پدیدهٔ جدید ممکن است به ساختن بمبهایی بینجامد... تنها یك بمب از این نوع که با کشتی حمل شده و در بندری منفجر شود، نه تنها تمامی بندر، که قسمتی از سرزمینهای پیرامون آنجا را هم می‌تواند ویران کند...»

چند روز پس از دریافت این نامه، روزولت تصمیم می‌گیرد کمیته‌ای به ریاست مدیر **ادارهٔ ملی استانداردها** تشکیل دهد. نخستین جلسهٔ کمیته در روز ۲۱ اکتبر برگذار می‌شود. کمیته، سفارش تدارك چهارتُن گرافیت و پنجاه تُن اکسید اورانیوم را می‌دهد. اولین کمك مالی بلاعوض تصویب می‌شود. این آغاز، هنوز ناچیز، تلاش عظیم امریکایی است.

کار، ابتدا با تسریعِ تحقیقاتِ دردست انجام دانشگاهها شروع شد. پیشرفتهایی هم به دست آمد: اندازه‌گیریهای مقطعهای مؤثر، مطالعهٔ جذب نوترونها در مواد مختلف. *فِرمی* و *زیلارد* خیلی زود به اهمیت استفاده از موادِ هرچه خالص‌تر پی بردند: *فِرمی* و *آندرسون* با دقت زیاد، مقطع مؤثرِ جذب نوترونها در گرافیت خیلی خالص را اندازه‌گیری کردند و دریافتند که این ضریب، خیلی ضعیف است، پس معلوم می‌شد که ساختن رآکتوری مرکب از اورانیوم و گرافیت، عملی است. آنگاه سعی می‌کنند ساختار هندسی این رآکتور را تعیین کنند. چگونه اورانیوم و گرافیت را باید متناوب کرد؟ عناصر مختلفِ شبکه‌ای که باید پیل اتمی را تشکیل دهند، در چه اندازه‌ای باید باشند؟

---

37. A.Sachs

ترجمه‌نامهٔ ۲ اوت ۱۹۳۹ آلبرت اینشتین به فرانکلین دی. روزولت و پاسخ پرزیدنت روزولت.

به اف. دی روزولت
رئیس جمهور ایالات متحدهٔ امریکا
کاخ سفید
واشینگتن دی. سی.

از آلبرت اینشتین
اولدگراورواد
ناسو پونت
پرکونیك، لانگ آیلند

۲ اوت ۱۹۳۹

آقا،

نتایج پاره‌ای از آزمایشهای جدید ا. فرمی و ل. زیلارد، که به صورت دستنویس دراختیارم گذاشته‌اند، مرا بر آن می‌دارد که فکر کنم عنصر اورانیوم در آینده‌ای نزدیك می‌تواند به منبع جدید و مهم انرژی تبدیل شود. به نظر می‌رسد، شرایط جدیدی که ایجاد شده است، هوشیاری خاص و احیاناً اقدام عاجلی از جانب دولت را ایجاب می‌کند. لذا گمان می‌کنم وظیفه‌ام باشد که توجه شما را به مطالب و به توصیه‌های زیر جلب کنم:

در طی چهارماه اخیر، ــ در نتیجهٔ تحقیقات ژولیو در فرانسه و تحقیقات فرمی و زیلارد در امریکا ــ برانگیختن واکنش زنجیره‌ای هسته‌ای در تودهٔ بزرگی از اورانیوم، امکان‌پذیر شده است واکنشی که در اثر آن ممکن است مقدار عظیمی انرژی و عناصر جدیدی نظیر رادیوم تولید شود. حالا دیگر تقریباً حتمی به نظر می‌رسد که این امر در آینده‌ای خیلی نزدیك عملی خواهد شد.

وانگهی، این پدیدهٔ جدید ممکن است به ساختن بمب بینجامد. و می‌توان چنین پنداشت ــ گرچه هنوز قرین به اطمینان نیست ــ که نوع جدیدی از بمبهای فوق العاده نیرومند با این روش ساخته شود. تنها یك بمب از این نوع که با کشتی حمل شده و در بندی منفجر گردد، می‌تواند تمامی بندر و قسمتی از سرزمینهای پیرامون آنجا را کاملا ویران کند. چنین بمبهایی ممکن است چنان سنگین باشند که نتوان آنها را با هواپیما حمل کرد.

ایالات متحدهٔ امریکا فقط مقدار کمی کانیهای خیلی فقیر از لحاظ اورانیوم دارد. چند معدن نسبتاً خوب در کانادا و در چکسلواکی سابق وجود دارد، اما منبع عمدهٔ اورانیوم، کنگوی بلژیك است.

به سبب این وضعیت، ممکن است مطلوب نظرتان باشد که میان دولت و گروه فیزیکدانهایی که دربارهٔ واکنشهای زنجیره‌ای در امریکا تحقیق می‌کنند، تماس دائمی برقرار گردد. برای این منظور، شما می‌توانید این وظیفه را به شخصی که مورد اعتمادتان

←

است بسپارید که احیاناً بتواند به عنوان مقام نیمه‌رسمی اقدام کند. وظیفهٔ این شخص عبارت خواهد بود از آنچه که در ذیل می آید:

الف) تماس گرفتن با وزارتخانه‌های مختلف به منظور آگاه کردن آنها از پیشرفتهای آتی، و پیشنهاد توصیه‌هایی برای اقدام دولت و مخصوصاً مراقبت بر اینکه ذخایر کانیهای اورانیوم در ایالات متحدهٔ امریکا تأمین باشد.

ب) تسریع تحقیقات تجربی، که تاکنون درحدود بودجه‌های آزمایشگاههای دانشگاهی اجرا شده است، تأمین منابع مالی، چنانچه این منابع مورد تقاضا باشد، از طریق تماسهایش با اشخاصی که آمادگی کمک کردن به این برنامه‌ها را دارند و احیاناً جلب همکاری آزمایشگاههای صنعتی بخش خصوصی که تجهیزات لازم را دراختیار دارند.

می‌دانیم که آلمان، درحال حاضر، فروش اورانیوم محصول معادن چکسلواکی را که در کنترل دارد، متوقف کرده است. فهمیدن علت چنین تصمیمی با این فوریت، دور از ذهن نیست؛ چرا که پسر فون وایتساکر، معاون وزیر امور خارجهٔ آلمان، در انستیتو کایزر ویلهلم برلین کار می کند، که در آنجا هم اکنون مشغول تکرار قسمتی از تحقیقات امریکایی دربارهٔ اورانیوم هستند.

ارادتمند شما

آلبرت اینشتین

فرانکلین دی. روزولت، ۱۹ اکتبر ۱۹۳۹ پاسخ می‌دهد:

استاد عزیزم،

از شما به خاطر نامهٔ اخیرتان و اطلاعات جالب و مهمی که در بردارد، متشکرم. این اطلاعات در نظرم به قدری اهمیت داشتند که من کمیسیونی مرکب از مدیر ادارهٔ استانداردها و نمایندگان ارتش و نیروی دریایی را برای بررسی عمیق امکاناتی که جناب عالی دربارهٔ عنصر اورانیوم توصیه کرده‌اید، تشکیل داده‌ام. خوشوقتم به اطلاعتان برسانم که آقای دکتر ساخس با این کمیته کار و همکاری خواهد کرد و فکر می کنم که این، عملی ترین و مؤثرترین روش برای کارکردن در این موضوع باشد.

خواهشمندم مراتب امتنان مرا بپذیرید.

با احترامات فائقه، اف. دی. روزولت

بر نامهٔ تحقیقات امریکایی سرعت واقعیش را به دست نیاورد مگر از دسامبر ۱۹۴۱ که ایالات متحدهٔ امریکا مستقیماً در جنگ درگیر شد. آخرین کار مهم دربارهٔ شکافت که در ژوئن ۱۹۴۰ در ایالات متحدهٔ امریکا منتشر شد از مك میلان و آبلسون بود. این محققان اعلام کردند که با استفاده از سیکلوترون دانشگاه برکلی، نخستین عنصر ماورای اورانیومی[۳۸] را به دست آورده اند که نپتونیوم نامیده شد. نتایج تحقیقات بعدی، دیگر منتشر نشد. در دانشگاه برکلی، *گلن تی سیبورگ*[۳۹]، *امیلیو سِگره*[۴۰] و همکارانشان ثابت کردند که اورانیوم ۲۳۸ پس از جذب یك نوترون به اورانیوم ۲۳۹ تبدیل می شود که به یك ایزوتوپ نپتونیوم، عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۹۳ واپاشیده می شود؛ این ایزوتوپ اخیر به نوبهٔ خودش به یك ایزوتوپ *پلوتونیوم*، عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۹۴ مبدّل می شود. در آزمایشگاه، خیلی زود ــ آنچه از لحاظ نظری پذیرفته شده بود ــ به شیوهٔ تجربی به اثبات رسید که پلوتونیوم ۲۳۹ حتی بیشتر از اورانیوم ۲۳۵ شکافت پذیر است. بنابراین، این ایزوتوپ جدید، از جرم فرد یك مادهٔ بالقوه برای ساختن بمب بود. در اواخر سال ۱۹۴۱، پس از یك گزارش به پرزیدنت روزولت و پس از دریافت اطلاعات جدید از بریتانیای کبیر، مخصوصاً پس از دیدار *اچ. سی. اوری*[۴۱] و گ. *پگرام*، تصمیم گرفته شد که به تحقیقات در امریکا وسعت تازه ای داده شود.

حکومت انگلیس هم در سپتامبر ۱۹۴۱ در پی گزارش کمیتهٔ مود، تصمیم گرفته بود سازمان جدیدی ایجاد کند که به نام رمز «ادارهٔ آلیاژها برای لوله»[۴۲] نامگذاری شد، تا بر کلیهٔ تحقیقات مربوط به شکافت در بریتانیای کبیر نظارت کند. اولویّت اول به روشهای جداسازی اورانیوم ۲۳۵ از اورانیوم طبیعی داده شده بود که می باید عنصر تشکیل دهندهٔ بمب باشد. طرح تأسیس یك رآکتور هسته ای در اولویت دوم قرار داشت. شرکت صنعتی بریتانیا «امپریال شیمیکال» به توسعه های محتمل آینده که می توانست به منبع جدید قابل بهره برداری انرژی مبدّل شود، خیلی علاقه مند بود. میان انگلیسیها و امریکاییان، اطلاعات به طور دوره ای مبادله می شد. با این وصف، در ابتدا، انگلیسیها مایل نبودند همهٔ آنچه را که می دانند در اختیار امریکاییان بگذارند. اما چندی بعد، از

---

38. transuranien 39. G.T. Seaborg

40. E. Segré 41. H.C.Urey 42. Direction for Tube Alloys

۱۹۴۲، برای انگلیسیها یقین حاصل شد که نمی توان یك رآکتور اتمی در مقیاس بزرگ را در سرزمین انگلیس، که در معرض حملات هوایی است، بنا کرد. حالا این امریکاییان بودند که با پیشرفت تحقیقاتشان، دیگر تمایلی به ادغام دو برنامه نداشتند. انگلیسیها تصمیم گرفتند توسعهٔ برنامه تحقیقاتی خودشان را در کانادا ادامه دهند؛ بخشی از گروه تحقیقاتی کمبریج با هـ. هالبان با پیوستن تعدادی از دانشمندان فرانسوی به آن، که توانسته بودند به بریتانیای کبیر یا به ایالات متحدهٔ امریکا برسند، به مونترال انتقال یافت. باوجود این، چندتن از نامی ترین فیزیکدانان انگلیسی، بعدها در برنامه‌های تحقیقاتی مراکز امریکایی مشارکت پیدا کردند.

برنامهٔ تجدید سازمان یافتهٔ امریکایی در «ادارهٔ توسعهٔ تحقیقات علمی» ادغام شده بود و مدیریت آن را *وانوار بوش*[۴۳] با معاونت جی. بی. *کونانت*[۴۴]، رئیس دانشگاه هاروارد، برعهده داشت. از ۱۹۴۲، همهٔ تحقیقات دربارهٔ شکافت و بمب اتمی، که تا آن وقت در چهارچوب دپارتمان اورانیوم صورت می گرفت، در سازمانی با نام رمز «طرح مانهاتان[۴۵]» متمرکز شد و ژنرال ال. ار. گروز[۴۶] به ریاست آن منصوب گردید. از این زمان به بعد، مبالغ هنگفتی به این برنامه اختصاص یافت. آزمایشگاههای موجود، دیگر کافی نبودند، و مراکز تحقیقاتی جدید و نیز کارخانه‌های تولید لوازم تحقیقاتی در نقاط پَرتِ سرزمین وسیع ایالات متحدهٔ امریکا ساخته شدند. چند شرکت بزرگ صنعتی مأمور اجرای برخی از قسمتهای برنامه شدند. با وجود این، به‌رغم پیش بینی نظری، هیچ کس یقین نداشت که طرحِ در دست اجرا واقعاً به نتیجه می‌رسد. بیم از اینکه آلمانیها بتوانند زودتر از متفقین به هدف برسند، تا پایان جنگ همچنان باقی بود. لذا تصمیم گرفته شد، برای احتراز از شکست، آنجا که برتری یکی از آنها بر دیگری محرز نبود، چند روش موازی در پیش گرفته شود. از همان آغاز، حکومت امریکا به اهمیت تأمین منابع تدارکاتی، مخصوصاً برای اورانیوم، و به ضرورت تلاش در جهت تهیهٔ مواد فوق العاده خالص، معتقد شده بود.

گروه تحقیقاتی فِرمی به دانشگاه شیکاگو انتقال یافت و تحقیقاتش را در آزمایشگاه متالورژی که به مدیریت *آرثر هالی کامپتن*[۴۷] تشکیل شد، ادامه داد. در روز دوم دسامبر

---

43. Vannevar Bush 44. J.B.Connant
45. manhattan District 46. L.R. Groves 47. A.H. Compton

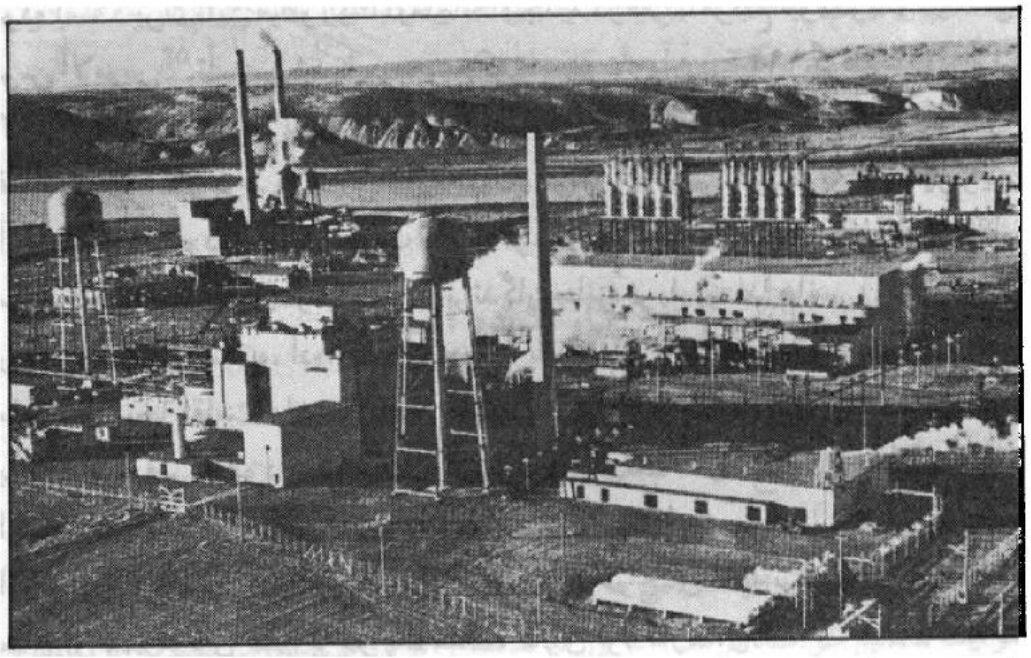
۱۹۴۲، زیر پلکانهای ورزشگاه اسکواش دانشگاه شیکاگو نخستین *پیل اتمی* آغاز به کار کرد. مادهٔ کُندساز آن، گرافیت بسیار خالص و عنصر سوختنی اورانیوم به شکل شمشهای فلزی و اکسید فشرده بود، زیرا در آن ایام، فلز اورانیوم هنوز به مقدار کافی دردسترس نبود. فِرمی و همکارانش، پوشیده از غبار گرافیت، کارگران معدن ذغال را تداعی می کردند. آنها مرحله به مرحله تدریجاً خشتهای گرافیت و شمشهای اورانیوم را، پس از اندازه گیری هر مرحلهٔ افزایش میزان نوترونهایی که از آن نتیجه می شد، اضافه می کردند. زمانی به جِرم بحرانی رسیدند که پیل به سه چهارم ابعاد پیش بینی شده در محاسبات، رسیده بود.

آزمایشگاه آرگون، در فاصلهٔ چند کیلومتری آنجا، راه را ادامه داد. یك پیل اتمی جدید (که امروز رآکتور هسته‌ای گفته می شود) علاوه بر تولید انرژی، می بایست عنصر جدید رادیو اکتیو شکافت پذیر، یعنی پلوتونیوم ۲۳۹ را هم تولید می کرد، سپس پالایش شیمیایی آن را انجام می داد. برای تهیهٔ این عنصر به مقدار کافی، لازم آمد که یك سری رآکتور، که به طور موازی کار می کردند، ساخته شود. ابتدا یك رآکتور هسته‌ای نمونه با ابعاد متوسط در مرکز جدید «کلینتن انجینیر وُرکس»[۴۸] در اوك-ریج[۴۹]، در درهٔ تنسی[۵۰] برپا شد. سپس چند رآکتور هسته‌ای در هانفورد[۵۱] درشمال غربی ایالات متحدهٔ امریکا در ایالت واشینگتن بناشد. همین رآکتورها هستند که بعدها پلوتونیوم استفاده شده در اولین بمبهای اتمی را تولید می کنند.

روش دوّمی که برای ساختن بمب اتمی درمدّ نظر بود، روش جداسازی ایزوتوپی اورانیوم ۲۳۵ از اورنیوم طبیعی است. این جداسازی به چند شیوه میسر بود و از همهٔ آنها به صورت موازی استفاده می شد. در دانشگاه برکلی، زیر نظر مخترع سیکلوترون، ارنست لارنس[۵۲]، نخستین جداسازهای الکترومغناطیسی توسعه یافتند. در اول کار، مقدار اورانیوم ۲۳۵ که جدا می شد از چند میکروگرم بیشتر نبود، اما مقدار موردنیاز باید از کیلوگرمها بیشتر باشد. برای تهیهٔ مقدار بیشتری اورانیوم ۲۳۵، ابتدا از آهنربای الکتریکی به قطر یك متردر سیکلوترون استفاده شد، سپس از آهنربای بزرگی با قطر پنج متر که برای ساختن سیکلوترون غول پیکر طراحی و

---

48. Clinton Engineer Works 49. Oak Ridge 50. Tennessee
51. Hanford 52. E. Lawrence



تأسیسات عظیم اتمی امریکا در «طرح مانهاتان» در هانفورد

ساخته شده بود، استفاده شد. جداسازهای دیگری به اولیها افزوده شدند، این دستگاههای جدید را **کالوترون** نامیدند که از حروف اول و آخر سه کلمه «کالیفرنیا یونیورسیتی سیکلوترون» (CALifornia University cycloTRON) گرفته شده است. گاهی پیش می آمد که در بِرکلی شش دستگاهِ جداسازِ ایزوتوپی به طور همزمان کار می کردند. چندی بعد سِریِ به هم پیوسته‌ای از جداسازهای ایزوتوپی در کلینتن تأسیس شد. علاوه بر این، آنجا یك کارخانهٔ جداسازی با فرایند نفوذ گازی از خلال غشاهای متخلخلِ متوالی ساخته شد (سرعت نفوذ گاز برای دو ایزوتوپ، یکسان نیست). در کلینتن بود که با این روش جداسازیِ اورانیوم ۲۳۵، بمب هیروشیما را تهیه کردند.[۵۳]

مطالعات و کارهای لازم برای ساختن بمبها، خود موضوع پژوهشهای اختصاصی

---

۵۳. در فرایندِ نفوذ گازی با عبور گاز هگزافلورید اورانیوم (UF_6) از خلال بیش از ۲۰۰۰ غشای متخلخل متوالی، اورانیوم غنی شده‌ای که نسبت اورانیوم ۲۳۵ در آن به چهار برابر افزایش یافته است، تهیه می شود. ــم.

بوده است. برای این منظور یك آزمایشگاه جدید در فلات مرتفع نیومکزیکو در محل لوس آلاموس[۵۴] تأسیس شد. این مجتمع که تصمیم بنای آن در ۱۹۴۲ گرفته شده بود، از ۱۹۴۳ به مدیریت نظریه‌پرداز پرآوازهٔ دانشگاه کالیفرنیا، جی. رابرت اوپنهایمر، فعالیتش را آغاز کرد. در ۱۹۴۴ آزمایشگاه لوس آلاموس غنی‌ترین و مجهزترین آزمایشگاه دنیا بود. آنجا، در نهایت اختفا، گروهی از برجسته‌ترین فیزیکدانان دنیا کار می‌کردند که چند نفری در میانشان از برندگان جایزهٔ نوبل بودند: هانس آ. بته، رابرت ویلسون، امیلیو سِگره، ادواردتلر، رودولف پایرلز، انریکو فرمی. نیلس بور هم چند ماهی در آنجا اقامت داشت. جمس چادویك در آنجا سرپرستی هیئت نمایندگی بریتانیایی را برعهده داشت. دهکده‌ای برای سکونت آنان با اعضای خانواده‌شان ایجاد شد. این فیزیکدانان، دستیارانی داشتند که بعدها عدهٔ زیادی از آنان کارهای ارزنده‌ای کردند. فراهم آوردن شرایط همکاری، در چنان نقطهٔ پرت و دورافتاده‌ای، میان آن همه مردان علم، برسر یك هدف، کاری بود کارستان.

این هدف، روز ۱۶ ژوئیهٔ ۱۹۴۵، ساعت ۵ و ۳۰ دقیقهٔ بامداد تحقق یافت، و آن، وقتی بود که در کویر نیومکزیکو، در لوس آلاموس، بر بالای برج فولادی بلندی، نخستین بمب اتمی پلوتونیومی آزمایش شد. موفقیت انفجار، فراتر از هر انتظاری بود. آذرخشی باورنکردنی سلسله جبال کویری این منطقه را روشن کرد. تودهٔ ابری رنگارنگ تا ارتفاع ده‌هزارمتری بالا رفت. برجای برج آزمایش، یك دهانهٔ عظیم آتشفشانی باز شده بود. نخستین پُست دیدبانی در پناهگاهی در فاصلهٔ ده کیلومتری، و دومی در فاصلهٔ هفده کیلومتری بود. دانشمندان، مهندسان و تکنیسینها که مدت مدیدی در آن نقطهٔ دورافتاده منزوی و بسیج شده بودند، از مشاهدهٔ موفقیت آمیز بودن نتیجهٔ آزمایش، از خوشحالی سراز پا نمی‌شناختند. فیزیکدان جوان، ریچارد *فینمان* که بعدها خودش نیز جایزهٔ نوبل فیزیك را برد، این لحظه را در خاطراتش چنین روایت می‌کند: «پس از انفجار، هیجان به اوج خود رسید. ما رقصیدیم، آواز خواندیم. من هنوز خودم را می‌بینم که پشت یك جیپ، چمباتمه زده‌ام و با باتری ور می‌روم. تنها *باب ویلسون* در گوشه‌ای ساکت و افسرده مانده بود. از او پرسیدم: «چرا ناراحتی؟» ــ در پاسخ درآمد گفت: «وحشتناك است، کاری که ما کرده‌ایم وحشتناك است». گفتم: با این

---

54. Los Alamos

وصف، این تو بودی که ما را به این راه کشاندی!» البته، در آغاز ما به دلایل موجّه قدم در راهی گذاشتیم؛ سپس، گرفتار هیجان کارهایی که باید می کردیم و هدفی که باید به آن می‌رسیدیم، بودیم. حالا، همه از فکر کردن بازمانده بودیم. تنها، باب ویلسون بود که هنوز هم فکر می کرد».

چگونه سرش را توی این کار کرده است؟

آیا فیزیکدانان به ساحران مبدّل شده بودند؟

آنها دیگر مهار نتایج اکتشافاتشان را دراختیار نداشتند؛ حالا این مهار دردست نظامیان و سیاستمداران‌بود. *رودولف‌پایرلز*، ۴۰ سال بعد در خاطراتش می نویسد: «ما فکر می کردیم که رهبران سیاسی ما مردانی منطقی و خردمند هستند وبا احساس مسئولیت تصمیم خواهند گرفت. امروز که گذشته را مرور می کنم، می بینم که این باور خیلی خوشبینانه بود... و در روشن بینی آنها دچار توهّم بوده‌ایم».

در این ایام، *باب ویلسون*، تنها دانشمند نگران نبود. *نیلس بور*، دانشمند دانمارکی، که در ۱۹۴۳ به جمع لوس آلاموس پیوسته بود، برای همکارانش مرجع عالی اخلاقی بود. اودر ۱۹۱۳ نخستین مدل ساختمان اتم را ارائه داده بود ودر ۱۹۲۲ جایزهٔ نوبل فیزیك را برده بود. همان‌طور که قبلا روایت شد، او در کپنهاگ یك «مؤسسهٔ فیزیك نظری» ایجاد کرده بود، که بسیاری ازدانشمندان دنیا برای کار و تحقیق به آنجا آمده بودند. اودر لوس آلاموس به ابعاد برنامهٔ دردست اجرا پی برد وبلافاصله به مسائل پس از جنگ اندیشید.

در بهار ۱۹۴۴، *نیلس بور* بـه واشینگتن می‌رود و دوست قدیمیش *فلیکس فرانکفورتر*[55] را که قاضی دیوان عالی بود و پـرزیدنت روزولت رابـه خوبی می شناخت، پیدا می کند. بور، اورا ازدلمشغولیهایش آگاه می کند؛ اگر ازجوّ کنونی همکاری میان متفقین استفاده نشود، بعد ازجنگ، ترتیب دادن مذاکره‌ای بین المللی، خصوصاً میان ایالات متحدهٔ امریکا، بریتانیای کبیر و اتحاد جماهیر شوروی، براساس تفاهم متقابل، امکان پذیر نخواهد شد. بدون وارد شدن در جزئیات فنی، دولت

---

55. Felix Frankfurter

شوروی را باید در جریان برنامهٔ اتمی انگلیس و امریکا گذاشت؛ و اضافه می کند، باید به شوروی مبادلهٔ اطلاعات و توافق بین المللی برای استفاده و کنترل انرژی هسته‌ای را پیشنهاد کرد. *نیلس بور* مطمئن است که روسها همهٔ اطلاعات پایه را در اختیار دارند و بلافاصله بعد از جنگ، وسایل لازم برای اجرای برنامه‌ای مشابه را خواهند داشت. اگر خیلی دست روی دست بگذاریم این فرصت طلایی از دست خواهد رفت. فرانکفورتر این دیدگاه بور را به اطلاع پرزیدنت روزولت می‌رساند و او تحت تأثیر ایده‌های دانشمند دانمارکی قرار می گیرد. روزولت به نیلس بور پیشنهاد می کند که ایده‌هایش را با وینستون چرچیل که مشکل تر از او متقاعد می شود، در میان بگذارد.

نیلس بور راهی انگلستان می شود و در ماه مه ۱۹۴۴ با چرچیل که سخت مشغول تدارك برنامهٔ پیاده کردن نیرو درسواحل نورماندی است، ملاقات می کند. گفت‌وگوهایشان بد پیش می‌رود. چرچیل حرفهای بور را نمی فهمد؛ او از پیشنهاد تماس با اتحاد جماهیر شوروی وحشت کرده است. او مخالف کنترل بین المللی است و می خواهد راز، مطلقاً مکتوم بماند. به نظرش، انگلیس و امریکا در این زمینه دهها سال جلوترند. او فکر می کند که امتیازی با این ماهیت حتماً باید حفظ شود تا ایالات متحدهٔ امریکا و بریتانیای کبیر در امور دنیا نفوذی سرنوشت ساز داشته باشند. او حتی از همکارانش می خواهد که *نیلس بور* را تحت نظر داشته باشند و به آنها می گوید: **چگونه سرش را توی این کار کرده است؟**[۵۶] بور، اواخر اوت، پس از بازگشت از لندن، به دیدار روزولت می رود؛ اما در کنفرانس کِبِك در پاییز ۱۹۴۴، دیدگاه چرچیل بر دیدگاه روزولت غالب می شود. *نیلس بور* سعی می کند یك بار دیگر در بهار ۱۹۴۵ با روزولت ملاقات کند، اما رئیس جمهور امریکا روز ۱۲ آوریل به طور ناگهانی درمی گذرد.

لئو زیلارد، که به خاطر داریم بانی نگارش نامهٔ اینشتین به روزولت بود، در بهار ۱۹۴۵ پرسشهایی از خودش می کند؛ او از خود می پرسد آیا آزمایش بمبهای اتمی و استفاده کردن از آنها عاقلانه است؟ در پاسخ خواهد گفت: «در آغاز ما انگیزهٔ قوی برای ساختن بمب [اتمی] داشتیم، زیرا گمان می کردیم که آلمانیها در این کار از ما جلوترند و تنها راه بازداشتن آنها از ریختن بمبها بر سر ما این بود که ما هم بمبهای آماده‌ای داشته باشیم. اما حالا که جنگ با پیروزی متفقین به پایان رسیده است، هدفی

---

۵۶. در متن به انگلیسی: How did he come into the business?

که ما برای آن کار می کردیم دیگر روشن نیست». زیلارد تصمیم می گیرد، به رغم سرّی بودن موضوع، یك باردیگر به رئیس جمهور امریکا نامه بنویسد. به دیدن اینشتین می رود و از او می خواهد که نامه‌ای برای درخواست ملاقات حضوری بنویسد و آن را برای تعیین وقت مصاحبه‌ای با رئیس جمهور نزد خانم روزلت می برد. او گزارشی تهیه می کند. خانم روزولت وقتی برای ملاقات تعیین می کند، اما پرزیدنت روزولت پیش از روز موعود می میرد. هاری ترومن[۵۷]، معاون رئیس جمهور، جانشین او می شود. کمتر از یك ساعت پس از تحویل گرفتن وظایف جدید، وزیر جنگ اچ. ال. استیمسون[۵۸] او را ــ که هیچ اطلاعی از آنچه در حال آماده شدن بود نداشت ــ در جریان برنامهٔ بزرگ و مسائلی که مطرح می کند، می گذارد. در ۱۹۴۵ فعالیت هسته‌ای با مجموع فعالیت بخش صنعتی اتومبیل امریکا در آن دوره برابر شده بود.

زیلارد، درصدد برمی آید با ترومن ملاقات کند. از طرف رئیس جمهور به او گفته می شود که با جیمز برنز[۵۹]، که وزیر جدید امور خارجه خواهد شد، ملاقات کند. زیلارد همراه با هارولد اوری و و.بارتکی[۶۰] با ترن شبانه برای دیدار با جی. برنز، ۲۸ مه ۱۹۴۵، به اسپارتنبورگ[۶۱] در کارولینای جنوبی می رود؛ او گزارشش را به نامزد پُست وزارت امور خارجه می دهد و دیدگاههایش را دربارهٔ بمب پس از جنگ برایش شرح می دهد. او، برای آنکه ایالات متحدهٔ امریکا نتواند از بمب استفاده کند، از طرح کنترل بین المللی دفاع می کند. توضیح می دهد که اگر از بمب در جنگ استفاده شود، اتحاد جماهیر شوروی نیز ناگزیر به یك قدرت اتمی مبدل خواهد شد. برنز به او پاسخ می دهد که ژنرال گروز او را خاطرجمع کرده است که در روسیه، اورانیوم وجود ندارد. زیلارد به او می گوید این حرف پوچی است، اما برنز فکر می کند که اتحاد جماهیر شوروی با مشاهدهٔ قدرت انفجاری بمب، تحت تأثیر قرار گرفته و معقول تر خواهد شد. مرد سیاست به مرد علم می گوید که اگر از بمب استفاده نشود، مثل این است که آن همه تلاشها بی نتیجه مانده باشد. برای ساختن بمب، دو میلیارد دلار هزینه شده است؛ کنگره می خواهد نتایج همهٔ این مخارج را به چشم ببیند. مرد علم سعی می کند توضیح دهد که استفاده از بمب، راه را برای مسابقهٔ تسلیحاتی میان ایالات متحدهٔ امریکا و

---

57. H. Truman 58. H.L. Stimson 59. James Byrnes 60. W. Bartky
61. Spartenburg

اتحاد جماهیر شوروی بازخواهد کرد و پایان راه به ویرانی دو کشور منتهی خواهد شد، اما موفق نمی شود وزیر امور خارجهٔ آینده را متقاعد کند.

در طول این ماههای سرنوشت ساز با چندتن از دانشمندان مهاجرِ «طرح مانهاتان» مشورت می شود. دو تز اصلی ابراز می شود: بعضیها فکر می کنند که بمب اتمی نباید به کار رود و باید اسرارآمیز باقی بماند؛ دیگران بر این عقیده اند که از بمب باید استفاده شود، تا اینکه در هر کشوری افکار عمومی بتواند به مسائل جدیدی که این بمب مطرح می کند، آگاهی پیدا کند. در دانشگاه شیکاگو، آرثر کمپتون، کمیته‌ای به ریاست جیمز فرانك[۶۲] تشکیل داد. این کمیته مسئولیتهای ایالات متحدهٔ امریکا را در دنیای پس از جنگ و لزوم نظارتی بین المللی را که جز در جوّ اعتماد متقابل تحقق نمی یابد، گوشزد کرد. این کمیته با به‌کار بردن بمب علیه ژاپن بدون اخطارقبلی مخالفت می ورزد و پیشنهاد می کند که در منطقه‌ای غیر مسکون، قدرت بمب در حضور ناظران بین المللی به نمایش گذاشته شود. این گزارش به اچ. ال. استیمسون داده شد. برای این شخص یك چنین نمایشی ناممکن بود، زیرا دراین ایام ایالات متحدهٔ امریکا فقط دو بمب دراختیار داشت، و او از آن بیمناك بود که درصورت ناموفق بودن نمایش قدرت، امریکا قافیه را ببازد. جنگ با ژاپن به نفع امریکا در حال پایان گرفتن بود، اما استیمسون بر این باور بود که اگر دو بمب موجود را بر سر آماجگاههای ژاپنی فروریزد، هم جان بسیاری از سربازان امریکایی نجات خواهد یافت و هم اینکه ژاپن بی قید و شرط تسلیم خواهد شد. زیلارد سرانجام پی می برد که دانشمندان نخواهند توانست سیاستمداران را متقاعد کنند. با این همه، او می خواهد این اعتراض وجدان را از غربت بیرون بیاورد. او نامهٔ سرگشاده‌ای خطاب به رئیس جمهور امریکا نوشت که پای آن را ۶۸ تن از دانشمندان سهیم در «طرح مانهاتان» امضاء کرده بودند. این نامهٔ سرگشاده خطر یك مسابقهٔ تسلیحات هسته‌ای را چنانچه ایالات متحدهٔ امریکا از بمب اتمی استفاده کند، خاطرنشان می کند و خواستار آن است که در هر حال ژاپنیها می باید قبلا از نیّات امریکا آگاه گردند، تا شاید بخواهند تسلیم شوند.

آلمان روز ۸ مه ۱۹۴۵ تسلیم می شود. تنها ژاپن هنوز در جنگ است. پایان جنگ، قریب الوقوع به نظر می رسد. قرار است پرزیدنت ترومن درماه ژوئیه در پوتسدام

---

62. James Franck

نزدیك برلین با چرچیل و استالین ملاقات کند، تا دربارهٔ سازمان اروپای بعد از جنگ مذاکره کنند. استالین به هنگام کنفرانس یالتا [۴ فوریهٔ ۱۹۴۵] تعهد کرده بود که سه ماه بعد از شکست هیتلر، به نوبهٔ خودش با ژاپن وارد جنگ شود. ترومن تاریخ کنفرانس پوتسدام را به عقب می اندازد تا پیش از آن از نتیجهٔ آزمایش آلاموگوردو[۶۳] آگاه شود. کنفرانس پوتسدام روز ۱۷ ژوئیه گشایش می یابد. ترومن، پس از مشاوره با همکاران اصلیش، با چرچیل تصمیم می گیرد که به طرز غیرمترقبه‌ای به استالین خبر دهد که ایالات متحدهٔ امریکا و بریتانیای کبیر اکنون یك سلاح نیرومند و جدید دراختیار دارند؛ فقط همین، نه یك کلمه بیشتر و نه یك کلمه کمتر. روز ۲۴ ژوئیه، درپایان جلسهٔ آن روز، در حالی که اعضای سه هیئت نمایندگی منتظر رسیدن اتومبیلهایشان هستند، ترومن به استالین و به مترجمش پاولو[۶۴] نزدیك می شود. جریان آن را در خاطراتش چنین می نویسد: «من به استالین، ضمن صحبتهایم گفتم که ما حالا یك سلاح جدید با قدرت تخریبی غیرعادی دراختیار داریم. استالین هیچ اعتنای مخصوصی نشان نداد، فقط گفت، از شنیدن این خبر خوشحال است و امیدوار است که ما از این سلاح علیه ژاپنیها حسن استفاده کنیم.» آندره گرومیکو[۶۵]، وزیر امور خارجه سابق شوروی در خاطراتش که اخیراً منتشر شده است روایت می کند که استالین از همان پوتسدام به ای. وی. کورچاتوف[۶۶]، مسئول طرح اتمی شوروی دستور داد که درکارهایش تسریع کند.

در پایان کنفرانس، به نام دولتهای ایالات متحدهٔ امریکا، بریتانیای کبیر و چین اعلامیه‌ای منتشر شد که در آن از دولت ژاپن خواسته شده بود که بی قید و شرط تسلیم شود.

کمیته‌ای زیر نظر استیمسون، وزیر جنگ، مأمور بررسی نحوهٔ استفاده از بمب و انتخاب دو آماجگاه شد. ژنرال گروز، شهر تاریخی کیوتو را که معبدها و آثار تاریخیش تا آن وقت از گزند جنگ درامان مانده بود درصدر فهرست آماجگاههای احتمالی قرار می دهد. استیمسون شهر کیوتو را از گذر روایتهای شرق شناسان جوان می شناسد. کمیته، این انتخاب را رد می کند. دو آماجگاه منتخب، شهرهای بندری هیروشیما و ناگازاکی خواهند بود.

---

63. Alamogordo 64. Pavlov 65. André Gromyko 66. I.V. Kurchatov

روز ۶ اوت ۱۹۴۵، ساعت ۸ و ۱۵ دقیقه بامداد، یك بمب اورانیوم ۲۳۵، ازمخزن بمب افکن ب ۲۹ موسوم به انولا گی[۶۷] بر فراز بندر عظیم هیروشیما رها می شود. شمار قربانیان برحسب برآوردها از ۶۰ هزار تا ۲۰۰ هزار نفر متغیّر است. اکثر قربانیان در اثر تصاعد گاز و گرمای حاصل از انفجار مرده‌اند، اما این مرگهای آنی یا تدریجی ناشی از تشعشعات هسته‌ای هستند که بعدها افکار عمومی جهانیان را تکان خواهند داد. بمب اتمی دوم با خرج پلوتونیوم، از نوع بمبی که در آلاموگوردو آزمایش شده بود، روز ۹ اوت روی بندر ناگازاکی رها می شود، که موجب مرگ ۷۰ هزار نفر می گردد.

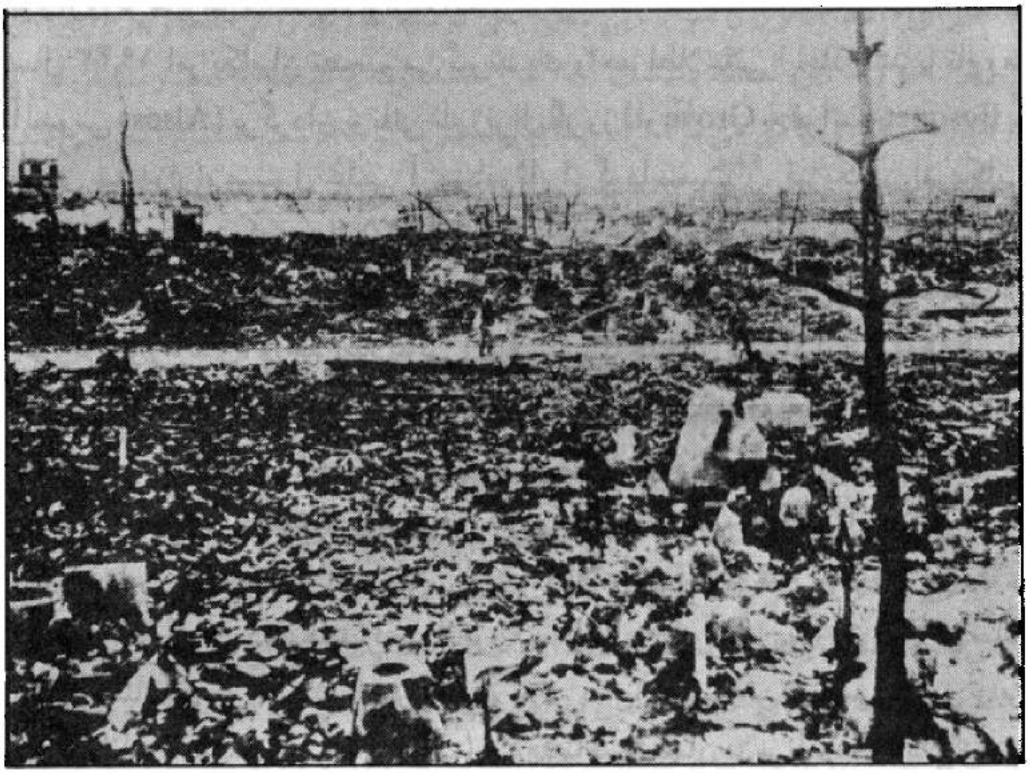
شب ۹ به ۱۰ اوت، امپراتور ژاپن اجلاس شورای عالی نظامی وهیئت وزیران را در پناهگاه بتنی زیر کاخ سلطنتی توکیو تشکیل می‌دهد. ساعت دو بامداد، پس از گفت‌وگویی متشنج، نخست‌وزیر از امپراتور که تا آن وقت خاموش مانده بود استدعا می کند که تصمیمش را اعلام کند. امپراتور مصلحت را دراین می بیند که اتمام حجت پوتسدام پذیرفته شود.

بمباران هیروشیما و ناگازاکی تنها بمبارانهای جنگ جهانی دوم نبودند که چنان رقم سنگینی قربانی گرفته باشند. بمباران توکیو در ۹ و ۱۰ مارس ۱۹۴۵، با بمبهای آتشزا، بیش از ۸۳ هزار نفر کشته برجای گذاشت. بمباران درسدن با ۳۴۰۰ فروند بمب افکن انگلیسی و امریکایی در شب ۱۳ به ۱۴ فوریهٔ ۱۹۴۵، به موجب برآوردها، بین ۱۳۵ هزار تا ۲۵۰ هزار قربانی گرفت. اما آنچه فرق می کرد این بود که هریك ازدو بندر ژاپنی، هر بار تنها با یك بمب، از نوعی تا آن وقت ناشناخته، تخریب شده بود. با وصف این، اگر مطبوعات آن دوره، مثلا روزنامه‌های فرانسوی را که درماه اوت ۱۹۴۵ منتشر شده‌اند ورق بزنیم درآنها جز ابراز سبکباری از تسلیم شدن ژاپن و خاتمه‌یافتن جنگ درشرق دور، هیچ نشانه‌ای که بر تقبیح اخلاقی دلالت کند، نمی‌یابیم.

در سالهای بعد از جنگ جهانی دوم، مخصوصاً در ایالات متحدهٔ امریکا، دربارهٔ ملاحظاتی که مهم‌ترین نقش را در تصمیم گیری پرزیدنت ترومن در فروریختن دو بمب اتمی داشته‌اند، بحثهای زیادی شده است، که می توان آنها را در چند جملهٔ زیر خلاصه کرد: تمایل به اینکه قبل از خاتمهٔ جنگ از سلاح جدیدی که فوق العاده گران تمام شده بود استفاده شود؛ اهتمام به خاتمه‌دادن به جنگ، بدون تحمل تلفات انسانی در

---

67. Enola Gay



مرکز شهر هیروشیما پس از انفجار بمب اتمی

صفوف سربازان امریکایی؛ ارادهٔ قدرت نمایی ایالات متحدهٔ امریکا با پیش بینی برخوردهای پس از جنگ و کاستن ازسهم اتحاد جماهیر شوروی درپیروزی بر ژاپن.

آلسوس از آب رود راین نمونه‌برداری می کند

حال ببینیم در این مدت، آلمانیها چه می کردند؟ آیا آنها هم در حال ساختن بمب اتمی بودند؟ برای پاسخ دادن به این پرسش باید به سال ۱۹۴۰ بازگردم. ازهمین سال به بعد اطلاعاتی که متفقین، مخصوصاً انگلیسیها، از منابع مختلف کسب کرده بودند حاکی از آن بود که آلمانیها روی شکافت اورانیوم کار می کنند. آنها ذخایر مهمی از اورانیوم موجود در بلژیك را ضبط کرده بودند. و از نیروهای مقاومت نروژی کسب اطلاع شده بود که آلمانیها تولید مقدار زیادی آب سنگین را به کارخانهٔ نروژی سفارش داده بودند. شایعاتی پیرامون سلاحهای سری آلمانیها دهن به دهن می گشت. نیلس

بور از ورنر هایزنبرگ شنیده بود که آلمان درصدد ساختن یك بمب اتمی است. اواخر سال ۱۹۴۳ امریکاییان تصمیم می گیرند یك واحد اطلاعاتی ایجاد کنند با نام رمز آلسوس (Alsos) برگردان یونانی نام ژنرال گروز (از Grove به فرانسه Bosquet به معنای بیشه‌زار)، مسئول علمی آن ساموئل ا. گوداسمیت[۶۸]، فیزیکدان امریکایی هلندی تباری است که درسال ۱۹۲۵ به اتفاق جورج اوهْلِنبك[۶۹] مفهوم اسپین الکترون رادر فیزیك ذرات بنیادی وارد کرده بود. به محض پیاده شدن نیروهای متفقین در سواحل نورماندی، واحد اطلاعاتی آلسوس با واحدهای پیشتاز این نیروها همراه می شود تا اطلاعات دقیقی دربارهٔ وضع تحقیقات آلمانیها دربارهٔ بمب اتمی کسب کند. گوداسمیت و افسران آلسوس به پاریس می رسند، هنوز در شهر جنگ و گریزهای خیابانی ادامه دارد، جیپشان را دربرابر کلژدوفرانس متوقف می کنند تا ببینند فردریك ژولیو در این باره چه می داند. سپس، واحد اطلاعاتی قدم به قدم پیشروی نیروهای متفقین را دنبال می کند: هلند، استرازبورگ، هایدلبرگ و برلین... روش کارش ساده است: شناسایی و بازداشت هرچه سریع‌تر ده یا بیست تن از سرشناس‌ترین فیزیکدانان (از جمله ورنر هایزنبرگ)، که یقیناً بیشترشان در برنامه‌های اتمی دستی دارند. همین که آلسوس زیر رگبار دشمن در هلند به ساحل رودخانهٔ راین می رسد، افرادی از گروه، زیر یك پل به نمونه‌برداری از آب راین می پردازند، بطریها به واشینگتن فرستاده می شود تا در آنجا میزان احتمالی رادیواکتیویته‌شان بررسی شود. یك رآکتور هسته‌ای آلمانی که احتمالا در حاشیهٔ راین یا دریکی از شعبه‌های آن بنا شده باشد، اثری هرچند جزئی اما قابل اندازه‌گیری از رادیواکتیویته در آب رودخانه به جا می گذارد. در نمونه‌ها هیچ نشانه‌ای از این نوع مشاهده نشد.

در استرازبورگ، واحد اطلاعاتی آلسوس به نخستین اطلاعات علمی دست پیدا می کند. قرائت اسنادِ جمع آوری شده در این شهر، زیر نور شمع، حاکی از آن است که آلمانیها هنوز موفق به جداسازی اورانیوم ۲۳۵ نشده‌اند، و فعالانه روی آنچه که «مسئلهٔ اورانیوم» می نامند، کار می کنند، بدون آنکه هنوز به نتیجهٔ ملموسی رسیده باشند. با وصف این، فیزیکدانان آلمانی که یکی پس از دیگری بازداشت می شدند از برتری تحقیقاتشان مطمئن بودند؛ آنها فکر می کردند دراین باره بیشتر از امریکاییان

---

68. Samuel A. Goudsmit 69. George E. Uhlenbeck

چیز می‌دانند. مأموران امریکایی سعی نمی‌کردند که آنها را از اشتباه بیرون بیاورند، زیرا هنوز تا این لحظه بمبشان آزمایش نشده بود، و موضوع مأموریتشان می‌باید همچنان سرّی باقی می‌ماند. امریکاییان، حتی اگر به دست دشمن اسیر می‌شدند، نمی‌باید چیزی دربارهٔ برنامه تحقیقات اتمیشان بروز می‌دادند. در این مرحله از مأموریت، گود اسمیت احساس رضایت خاطر می‌کند و به افسر عالیرتبه‌ای که همه‌جا همراه اوست اعتراف می‌کند: «جای خوشوقتی است که آلمانیها بمب اتمی ندارند، حالا دیگر ما مجبور نخواهیم شد که از بمب خودمان استفاده کنیم» برخلاف انتظارش، افسر عالیرتبه به او پاسخ می‌دهد: «سام [کوتاه شدهٔ ساموئل]، تو خوب می‌دانی که ما یك چنین بمبی داریم، و از آن استفاده خواهیم کرد».

آلسوس در خاك آلمان تا مخفیگاههای گروههای آلمانی که روی شکافت هستهٔ اورانیوم کار می‌کردند، پیش می‌رود. واحد اطلاعاتی به دهکده‌ای در تورینگه[۷۰] می‌رسد، آنجا یك آزمایشگاه هسته‌ای متعلق به ارتش نازی سراغ دارد. تعدادی فیزیکدان با اعضای خانواده‌شان در زیرزمین ساختمانی که قبلا مدرسه بوده است، پنهان شده‌اند. سرهنگ فرمانده گروه آلسوس، در حالی که به چیزی شبیه خشتهای سیاه اشاره دارد، از آنها می‌پرسد: «آن چیزهای سیاه در آن گوشه چه هستند؟» پاسخ: «خوب، زغال سنگند». سرهنگ، یکی از قطعات را برمی‌دارند و جواب می‌دهد: «اینها سنگین‌تر از آنند که زغال باشند!» آلمانیها در این لحظه می‌فهمند که گروه امریکایی تصادفی به آنجا نیامده است. این خشتها، بلوکهای فشردهٔ اکسید اورانیوم هستند.

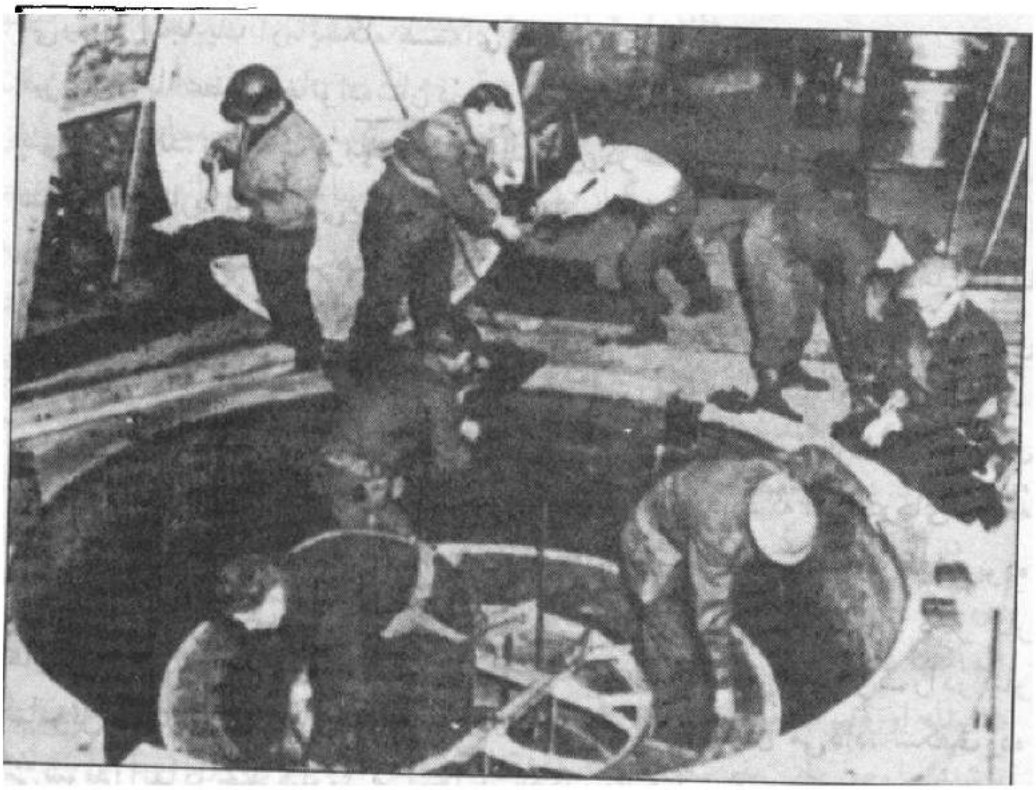
واحد اطلاعاتی از آنجا به وورتمبرگ[۷۱] در جنوب اشتوتگارت[۷۲] به سمت قصبه‌های هِچینگن[۷۳] و تایلفینگن[۷۴] می‌رود، زیرا اطلاع دارد که انستیتوهای جامعهٔ کایزر ویلهلم به مدیریت ورنر هایزنبرگ و اوتوهان، از برلین که زیر بمباران مداوم بوده است، به آنجا منتقل شده‌اند. مأموران اطلاعاتی آلسوس وقتی وارد دفتر کار هایزنبرگ می‌شوند، از مشاهدهٔ عکسی آویخته به دیوار که ورنر هایزنبرگ را در کنار ساموئل گود اسمیت در ۱۹۳۹ در دانشگاه میشیگان نشان می‌داد، شگفت‌زده می‌شوند! آنها در چند کیلومتری آنجا، در دهکدهٔ هایگرلوخ[۷۵]، دهکده‌ای با معماری

---

70. Thuringe 71. Wurtemberg 72. stuttgart 73. Hechingen
74. Tailfingen 75. haigerloch

سده‌های میانی، در غاری مرمت شده، یك پیل اتمیِ دردست ساختمان پیدا می کنند، که بعدها با مواد منفجرکننده، آن را از بین خواهند برد. واحد اطلاعاتی درمسیر تفتیشهایش هر جا که اورانیوم و آب سنگین می یابد، ضبط می کند. سرانجام آلسوس به برلین می رسد. گروه در زیر زمین دوم انستیتو فیزیك، آزمایشگاهی پیدا می کند که آنجا قبل از اسبابکشی به قصبهٔ هِچینگن مشغول ساختن یك پیل اتمی بوده‌اند.

حالا تعدادی از برجسته‌ترین فیزیکدانان آلمانی در اسارت متفقین هستند. ماکس فون لاوئه در تمام این مدت، یك مخالف سرسخت نازیسم بوده است و به مناسبتهای متعدد مخالفتش را ابراز کرده بود. اوتوهان که نازی نبود سعی کرده بود خودش را کنار بکشد؛ درست قبل از رسیدن متفقین، توانسته بود بخشدار تایلفینگن را متقاعد کند که درصدد مقاومت برنیاید تا قصبه آسیب نبیند. والتر بته، آدم دقیق و وسواسی، هیتلری



گروه آلسوس مشغول پیاده‌کردن یك پیل اتمی در یك غار هایگرلوخ هستند. در وسط، شمشهای اورانیوم است که با گرافیت احاطه شده است.

نبود. در عوض، والتر گرلاخ[۷۶]، رئیس هماهنگ کنندهٔ تحقیقات هسته‌ای شده بود. کارل فون وایتساکر، از خانواده‌ای دیپلمات، از همان آغاز سال ۱۹۳۹ از اوتو هان پیامدهای ممکن شکافت را آموخته بود. ورنر هایزنبرگ به عنوان مدیر انستیتو فیزیك کایزرویلهلم، یکی از مسئولان تحقیقات مربوط به شکافت در آلمان شده بود. اوضمن تقبیح زیاده‌رویهای نازیسم (علناً از نظریهٔ نسبیت، که مقامات نازی آن را نظریه‌ای یهودی می‌دانستند، دفاع کرده بود)، به احتراماتی که برایش قائل بودند دلبستگی داشت. او آرزومند بود که آلمان، مقام اول را در علوم حفظ کند. او می‌خواست افتخار حل مسئلهٔ اورانیوم را نصیب خودش بکند. اما اگر او زودتر به نتیجه رسیده بود چه پیش می‌آمد؟ در پاییز ۱۹۴۱، او به اتفاق همکارش کارل فون وایتساکر، به عنوان مأموریت علمی به کپنهاگ اعزام شده بودند. هایزنبرگ در ملاقات با نیلس بور، سر بسته اعتراف می‌کند که با درخواست مقامات نازی برای ادارهٔ تحقیقات مربوط به شکافت هستهٔ اورانیوم به منظور استفادهٔ احتمالی در امور نظامی موافقت کرده است. هایزنبرگ، نیلس بور را چونان پدرروحانی خود می‌دانست و بخشایش او را طلب می‌کرد. بور ابتدا متوجه منظور هایزنبرگ نشد و وقتی سرانجام آن را فهمید، احساس انزجار کرد. او از اینکه هایزنبرگ انجام این وظیفه را برای هیتلر پذیرفته است، خشمگین بود و دیگر نخواست به حرفهایش گوش دهد.[۷۷] بعدها از زبان دیگران شنیده می‌شود که هایزنبرگ در این ملاقات می‌خواسته است به بور پیشنهاد کند که دانشمندان متقابلا متعهد گردند که بمب اتمی نسازند. هایزنبرگ تا وقتی که بور زنده است به کپنهاگ بازنخواهد گشت.[۷۸]

از آنچه که بعداً برای گروه آلسوس معلوم شد، برنامهٔ اتمی آلمانیها هنوز وسعتی

---

76. Walther Gerlach

۷۷. برای اطلاع بیشتر ودقیق‌تر به خوانندهٔ علاقه‌مند توصیه می‌شود فصلهای ۱۴ و ۱۵ از کتاب بسیار زیبای جزء و کل، نوشتهٔ هایزنبرگ، ترجمهٔ حسین معصومی همدانی، از انتشارات مرکز نشر دانشگاهی (۱۳۶۸) را مطالعه کند. ــم.

۷۸. این اطلاع روایتگر، صحیح نیست. هایزنبرگ در اوایل تابستان ۱۹۵۲ برای شرکت در کنفرانس بین‌المللی فیزیکدانان اتمی به کپنهاگ می‌آید و با نیلس بور و ولفگانگ پائولی گفت‌وگوی سه‌نفره‌ای در خانهٔ بور دربارهٔ دیدگاههای پوزیتیویستی داشته است. رك. همان کتاب فصا. ۱۷. ــم.

نیافته‌بود و از حدود طرحهای تحقیقاتی دانشگاهی، چندان تجاوز نمی کرده است. پیلهای اتمی، دردست ساختمان بود، اما هنوز موفق به راه اندازی آنها نشده بودند، فیزیکدانهای آلمانی تصور می کردند که خودِ پیل اتمی، ساخته‌شده از لایه‌های مثلا اورانیوم و پارافین می تواند یك بمب باشد؛ آنان متوجه نشده بودند که یك پیل اتمی هرگز نمی تواند کاریك بمب را بکند؛ آنان اصلا چنین تصوری نداشتند که بمب‌واقعی، توده‌ای مواد شکافت‌پذیر که از جرم بحرانی تجاوز کرده باشد خواهد بود، که درآن، انفجار، حاصل واکنش زنجیره‌ای شکافت هسته در اثر برخورد نوترونهای سریع است. آنان به وجود پلوتونیوم و به خواصش پی برده بودند، اما نمی‌دانستند آن را چگونه تولید کنند. آنان مطمئن نبودند که بتوانند همهٔ مسائل مربوط به اورانیوم‌را حل کنند و، در هر حال فکر می کردند سالها کار لازم است تا به نتیجه برسند.

با وصف این، برخی از دانشمندان آلمانی علاقهٔ مقامات حکومتی را به موضوع جلب کرده بودند. یك «باشگاه اورانیوم» در بهار ۱۹۳۹ ایجاد شده بود. در ۱۹۴۲ اقداماتی درجهت متمرکزکردن وسایل وامکانات زیر نظر مارشال گورینگ[۷۹] به‌عمل آمده بود. اما وسایل خواسته شده وتحصیل شده برای تأمین نیازمندیهای چنین صنعتی کافی نبودند. برخلاف آمریکاییان، مقامات مسئول آلمانی نتوانسته بودند همهٔ گروههای تحقیقاتی رقیب را در گروه واحد ومتمرکزی ادغام کنند. در اثر ضربه‌هایی که گشتاپو و نیروهای اس. اس. بر پیکرهٔ نهادهای دانشگاهی و سازمانهای تحقیقاتی وارد آورده بودند، اشخاص فرصت طلب و بی صلاحیت در ادارهٔ مؤسسات تحقیقاتی، پُستهای کلیدی را اشغال کرده بودند. گود اسمیت در گزارشش نوشت، فیزیکدانان آلمانی چون خودشان هنوز نمی‌دانستند چگونه بمب اتمی بسازند، فکر می کردند که هیچ کس دیگری هم قادر به ساختن آن نیست. او دلیل این شکست را ناشی ازرژیم توتالیتر هیتلری، ناتوانی در اجرای برنامهٔ علمی جمعی و جزم‌گرایی علم آریایی دربرابر علم یهودی می‌داند.

پس ازتسلیم آلمان، حدوده تن ازبرجسته‌ترین این فیزیکدانان درمزرعه‌ای [فارم هال] در انگلستان در حومهٔ شهر دانشگاهی کمبریج، بازداشت شدند، بدون آنکه همکارانشان در آلمان اطلاعی از آنان داشته باشند. فیزیکدان آلمانی در این

---

79. Goering

بازداشتگاه بودند که خبر انفجار اولین بمب اتمی در هیروشیما را شنیدند. برای دانستن اینکه این فیزیکدانان چه چیزی از فعالیتهایشان را در زمان جنگ بروز نمی‌دهند، در همه جای بازداشتگاه میکروفونهای مخفی کار گذاشته شده بود. از این طریق بود که واکنششان در برابر شنیدن خبر انفجار اولین بمب اتمی از رادیو دانسته شد، گرچه مقامات بریتانیایی تاکنون اجازهٔ انتشار متن گفت‌وگوهای ضبط شده را نداده بودند. فیزیکدانان آلمانی در آغاز، خبر را باور نکردند و آن را از مقولهٔ تبلیغات زمان جنگ پنداشتند. «آنان می گفتند این نمی تواند یك بمب اتمی واقعی باشد، این باید بمب جدیدی باشد که امریکاییان آن را اتمی می نامند و هیچ ربطی به مسئلهٔ اورانیوم ندارد». بالاخره آنان ناگزیر شدند تن به واقعیت بدهند. با وصف این، واکنشهای فیزیکدانان در مقایسه با یکدیگر بسیار متفاوت بود. ماکس فون لاوئه ساکت ماند و به پیامدهای بلندمدت خبر اندیشید. اوتو هان، منقلب شد، زیرا او احساس می کرد با کشف اولیه‌اش درمسئولیت استفادهٔ فاجعه‌آمیز از شکافت، سهیم است. والتر گرلاخ از شنیدن خبر، سخت برآشفت و از اینکه خودش زودتر موفق نشده است، احساس آن را داشت که سیلی خورده است. سخنان تلخی رد و بدل شد. هایزنبرگ که ابتدا در صحت خبر شك می کرد، تمام شب را درباره‌اش فکر کرد تا بالاخره آن را فهمید. او همکاران را دور خودش جمع کرد و اصول بمبی را که امریکاییان موفق به ساختنش شده بودند برایشان توضیح داد. گود اسمیت روایت می کند که دانشمندان آلمانی بهت‌زده شده بودند. چگونه از بیخ گوش راه حل، گذشته بودند؟ آنگاه، برخی از فیزیکدانان آلمانی به فکر افتادند که از مزایای این ناکامی بهره برداری کنند: آنها نزد بازپرسان خود چنین ادعا کردند که اگر موفق نشدند، برای این بود که نخواسته بودند موفق شوند. شاید برای بعضی از آنها به‌راستی چنین بود، اما همهٔ آنها چنین نیّتی نداشته‌اند.

دنیایی بسته یا باز؟

می شد تصور کرد که بعد از جنگ، امریکاییان، اسرار مربوط به بمب اتمی را افشا کنند. دیدیم چنین نشد. پس از خاتمهٔ مخاصمات، ایالات متحدهٔ امریکا و انگلیس می خواستند اسرار ساختن بمب اتمی را به صورتی انحصاری دراختیار خود داشته

باشند تا از آن به عنوان برگه‌ای اصلی در سیاست خارجی بعد از جنگ بهره برداری کنند. با وصف این، همان طور که زیلارد خاطر نشان کرده است، آنها به دو رازِ اصلی افشا شده بودند: هیروشیما و ناگازاکی نشان داده بود که بمب اتمی واقعیت دارد و چندی بعد انتشار گزارش اسمیت با مقدمه‌ای از ژنرال گروز، مشخص می کرد که چه راههایی برای تحقق این سلاح پیموده شده و چه راههایی به نتیجه نرسیده‌است. دانشمندان به سهم خود فکر می کردند که سرّی نگاه داشتن، مانعی برای پیشرفت تحقیقات است. حتی دردرون «طرح مانهاتان»، جدار بندی، مانع می شد که واحدهای تحقیقاتی ازدستاوردهای یکدیگر بهره‌مند گردند، ودوباره کاریها کم نبود. سرّی نگاه داشتن، حتی به توسعهٔ بعدی برنامهٔ امریکاییان لطمه می زد.

پس از جنگ، به رغم رازداری، برای یك فیزیکدان باتجربهٔ اروپایی، یافتن فلان حلقهٔ مفقوده در این فرایند، کار خیلی مشکلی نبود. مثلا، یك استاد دانشگاه پاریس، برمبنای جدول ایزوتوپهای پایدار ورادیو اکتیو، که متن محو عکسی از نیلس بور را، منتشر شده دریك مجلهٔ امریکایی را تشکیل می داد، موفق شده بود نسل چهارم عناصر «ماورای اورانیوم» رادیو اکتیو، یعنی نپتونیوم را که هنوز سری مانده بود بازسازی وآن را در «پاله دو لا دِکوورت[۸۰]» پاریس اثبات کند.

به نظر می‌رسید ارتباط تنگاتنگی میان سلاحهای هسته‌ای و انرژی هسته‌ای غیرنظامی وجوددارد. ازسویی، کمّ وکیفِ شناختِ لازم برای اجرای هردو برنامه یکی بود و، از سوی دیگر، رآکتورهای مولّد انرژی، مادهٔ اوّلیه (پلوتونیوم) برای ساختن بمبها را نیزتولیدمی کردند. بنابراین، سرّی نگاه داشتن، شامل اطلاعاتی هم می شد که برای توسعهٔ نیروگاههای هسته‌ای لازم بودند.

انگلیسیها ازتحقیقاتی که درزمان جنگ انجام‌داده بودند ونیز ازمبادلهٔ اطلاعات با ایالات متحدهٔ امریکا، که به موجب توافق کنفرانس کِبِك در ۱۹۴۳ مشمول مقررات سرّی بود، سود می جستند. آنان به موازات تأسیس یك پیل اتمی در ۱۹۴۵ در چالك ریور[۸۱] در کانادا، رآکتورهایی هم در بریتانیای کبیر نخست در هارْوِل[۸۲]، سپس در ۱۹۴۷ در ویندا سکال[۸۳] ایجاد کردند.

---

80. palais de la Découverte 81. Chalk River 82. Harwell
83. Windscale

در فرانسه، بلافاصله پس از خاتمهٔ جنگ، فردریك ژولیو که از سوی ژنرال دوگل به سمت کمیسر عالی در انرژی اتمی منصوب شده بود، ساختمان نخستین پیل اتمی فرانسه را در فوردوشاتیون[۸۴] آغاز کرد. او بر تحقیقاتی که قبل از شکست ۱۹۴۰ انجام شده بود و نیز بر تجربیاتی که برخی از دستیاران و همکارانش در انگلستان و کانادا کسب کرده بودند، متکی بود. کمیساریای انرژی اتمی فرانسه هشت تُن اورانیومی را که ف. ژولیو در ۱۹۳۹ـ۱۹۴۰ از شرکت معدنی کاتانگای علیا دریافت کرده بود، و در ژوئیهٔ ۱۹۴۰ در اختفای کامل در یکی از تونلهای معدنی مراکش پنهان کرده بودند، در اختیار داشت. نخستین پیل اتمی فرانسه، زوئه[۸۵]، در ۱۹۴۸ فعالیتش را آغاز کرد.

حال ببینیم در روسیهٔ شوروی چه می گذشته است. به محض آنکه اوتو هان و اشتراسمان در ۱۹۳۹ موفق به شکافت هستهٔ اورانیوم شدند، فیزیکدانان روسی به پدیدهٔ شکافت و امکان واکنش زنجیره ای علاقه نشان دادند. اهل فن با محاسبات جی. ای. فرِنکل[۸۶]، آ. ای. لیپونسکی[۸۷]، ای. خاریتون[۸۸] و ای. بی. زِلدوویچ[۸۹] آشنا هستند. شمارهٔ ژوئیهٔ ۱۹۴۰ *فیزیکال ریویو* در بخش نامه‌ها، متن تلگرامی را منتشر کرده است که در آن گئورگی فلروف[۹۰] و ك.آ. پتریاك[۹۱] از لنینگراد خبر کشف پدیدهٔ شکافت خود به‌خود هستهٔ اورانیوم ــ با «اثر تونل» ــ با نسبت احتمال خیلی ضعیف، بدون انرژی زایی نوترونهای شکافته شده را اعلام می کنند.

در ۱۹۴۱ جنگ، تحقیقات را متوقف می کند. فلروف به جبهه اعزام می شود. در آوریل ۱۹۴۲، در ایام مرخصی به کتابخانهٔ دانشگاه ورونژ[۹۲] مراجعه می کند تا ببیند در این فاصله در امریکا چه چیزهای تازه‌ای دربارهٔ شکافت منتشر شده است. *فیزیکال ریویو* معتبرترین مجلهٔ امریکایی را ورق می زند و از اینکه هیچ مقالهٔ تازه‌ای از ابتدای سال ۱۹۴۰ به بعد دربارهٔ شکافت با امضای فِرمی پیدا نمی کند، متعجب می شود. در طول سال ۱۹۴۱ جزیك یادداشت دربارهٔ موضوعی فرعی، هیچ مطلبی دربارهٔ شکافت

---

84. Fort de Chatillon 85. Zoé 86. J.I.Frenkel
87. A.I.Leipunskii 88. Y. Khariton 89. Y.B. Zeldo vitch
90. G.N. Flérov 91. K.A.petrjak 92. Veronej

منتشر نشده بود. این سکوت را فقط می شد به یك چیز تعبیر کرد: تحقیقات سرّی در ایالات متحدهٔ امریکا دردست اجراست. فِلِروف بلافاصله نامه‌ای به استالین می نویسد تا اورا ازجریان امر مطلع می کند؛ بدین عنوان که نبودن خبر خودمی تواند خبری باشد.

ما اسنادزیادی راجع به این دوره دراختیار نداریم، امامی دانیم که اجلاسی درسطح بالا تشکیل شده، تحقیقات مربوط به واکنش زنجیره‌ای به سرعت از ۱۹۴۲ زیرنظر ای. وی. کورچاتوف ازسر گرفته شده وازپایان جنگ تسریع گردیده است. نخستین پیل اتمی شوروی در دسامبر ۱۹۴۶ فعالیتش را آغاز می کند.

می گویند که اتحاد جماهیر شوروی به اسرار اتمی امریکا دست یافته بود که توانست بمب اتمیش را خیلی سریع تر ازآنچه که تصورمی شد آزمایش کند. دردورهٔ جنگ سرد برخی از امریکاییان فکر می کردند که تنها فعالیت جاسوسی به اتحاد جماهیر شوروی امکان دادکه صاحب بمب اتمی بشود. درابتدای دههٔ ۱۹۵۰، در گرماگرم پاکسازیهای مك کارتیسم[۹۳]، زوج روزنبرگ[۹۴] به اتهام دادن اسرار اتمی امریکا به شوروی، محاکمه، محکوم به مرگ واعدام شدند، بدون آنکه جُرمشان هرگز به اثبات رسیده باشد.

---

93. maccarthysme 94. Julius Ethel Rosenberg

ترجمه متن تلگرام فلروف و پتریاك به *فیزیکال ریویو* که خبر کشف شکافت خودبه‌خود اورانیوم را اعلام می کند:

> با استفاده از اتاقکهای یونیدگی ۱۵ صفحه‌ای تنظیم شده برای ردیابی محصولات شکافت اورانیوم، ما در هر ساعت، ۶ «اندازهٔ حرکت» مشاهده کردیم، که آنها را به شکافت خودبه‌خود اورانیوم نسبت می‌دهیم. یك سری آزمایشهای کنترل، هرگونه تبیین دیگر را منتفی می سازد. انرژی اندازه‌های حرکت و خواص جذب با انرژی و خواص فراورده‌های شکافت اورانیومی که با نوترونها بمباران شده است، همخوانی دارند. برای اورانیوم X و توریوم، اندازهٔ حرکت نیافته‌ایم. برای اورانیوم، طول عمری میان 10^{16} تا 10^{17} سال محاسبه کرده‌ایم.
>
> امضاء: فلروف از انستیتو فیزیکو تکنیك لنینگراد، پتریاك از انستیتو رادیوم لنینگراد (اتحاد جماهیر شوروی سوسیالیستی) ۱۴ ژون ۱۹۴۰ـ تلگرافی.

ترجمهٔ خلاصهٔ نامهٔ گئورگی ن. فلروف به ژوزف. و. استالین که در *اخبار مسکو*، شمارهٔ (۲۱۷۱) ۱۶ مورخ ۱۷ آوریل ۱۹۸۸ منتشر شده است.

> آوریل ۱۹۴۲، ژوزف ویساریونوویچ عزیز،
>
> ده ماه از آغاز این جنگ سپری شده است، و در این مدت من حال کسی را داشتم که سعی کند یك دیوار سنگی را با ضربه‌های سرش بشکافد.
>
> من در کجای کار اشتباه می کنم؟
>
> آیا من به «مسئلهٔ اورانیوم» بیش از آنچه که باید بها می‌دهم؟ ــ نه، درست نیست. تنها چیزی که طرحهای مربوط به اورانیوم را پرجاذبه می کند، چشم‌انداز نویدبخش آن در صورت موفقیت است. من باید از همان قدم اول، شرطی قائل شوم. شاید من زیاده‌روی می کنم ــ تحقیق علمی همیشه متضمن بهره‌ای از خطر است و، در مورد اورانیوم، این خطر از هر جای دیگر بیشتر است (...)
>
> اما لحظه‌ای خیال کنیم که همه چیز برای اورانیوم «روبه‌راه» است. البته، از آن، انقلابی در تکنیك به‌بار نخواهد آمد ــ این یقین از تحقیقات آخرین ماههای پیش از جنگ نتیجه می‌شود ــ اما در عوض، انقلابی واقعی در جنگ‌افزارها خواهیم داشت. وانگهی، این
>
> ←

انقلاب بدون مشارکت ما، صورت خواهد گرفت، منحصراً به این سبب که اکنون، مثل گذشته در دنیای علم، عادت آقایی می کند.

ژوزف ویساریونوویچ، آیا می دانید مهم ترین دلیلی که علیه اورانیوم اقامه شده چیست؟

«چه خوب می شد اگر موفق می شدیم این مسئله را حل کنیم. طبیعت بندرت خواهش انسان را اجابت می کند» (...)

به نظرم برای حل مسئله لازم است از اشخاص نامبرده درزیر برای شرکت در کنفرانسی دعوت شود. آکادمیسینها، لوفه، فرسمان، واویلوف، خلوپین، کاپیتسا، از آکادمی علوم جمهوری سوسیالیستی اوکراین، آکادمیسین لیپونسکی، استادان دانشگاه، لانداو، علی خانوف، ارتسیموویچ، فرنکل، کورچاتوف، خاریتون، زلدوویچ و دکترها، میگدال و گورویچ، همچنین شایسته است که از ك. آ. پتریاك نیز برای شرکت در کنفرانس دعوت شود.

استدعا می کنم برای گزارش من یك ساعت و نیم وقت منظور شود. خیلی به جا خواهد بود که شما، ژوزف ویساریونویچ، حتماً در کنفرانس حضور داشته باشید.(...)

گرچه هیچ وقت هیچ کس در هیچ کجا نگفته است که ساختن بمب هسته‌ای غیر عملی است، با وصف این، همه در سرشان فرو کرده‌اند که این هدف از مقولهٔ خیالات است.

بدین لحاظ، مصرانه تقاضا دارم که نظر کتبی شرکت کنندگان کنفرانس آینده در بارهٔ واقعیت مسئلهٔ اورانیوم اخذ شود. پاسخ باید بتواند احتمال حل مسئله را تخمین بزند. از آن دسته از شرکت کنندگان که تبحرشان را برای دادن پاسخ کتبی کافی نمی‌دانند، این پرسش را می‌توان پس گرفت، اما نباید آنها را از شرکت در این کنفرانس معاف کرد.

گ. ن.فلروف

با وصف این، جای تردید نیست که اسرار «طرح مانهاتان» سر به‌مُهر نمانده و اطلاعاتی از آن به نفع اتحادجماهیر شوروی درز کرده است. غالباً ازك. فوچس[۹۵]، فیزیکدان آلمانی که به انگلستان پناهنده شده بود و بعداً در کارهای لوس آلاموس شرکت داشت، به عنوان عامل ارتباطی که ازروی اعتقاد سیاسی عمل کرده است، نام برده می شود. با وجود این، نباید در اهمیت این اطلاعات برای برنامهٔ اتمی شوروی غلوّ کرد.

همان طور که نیلس بور ولئو زیلارد خاطر نشان کرده بودند، اتحادجماهیر شوروی دانش و منابع لازم را که بتواند با تکیه بر امکانات داخلیش بعد از جنگ، بمب اتمی بسازد دراختیار داشت. منتهای مراتب، دانستن اینکه واکنش زنجیره‌ای، به گواهی بمبهای اتمیِ منفجر شده در ژاپن، امکان پذیر است، همچنین محتوای گزارشی که ایالات متحدهٔ امریکا در اوت ۱۹۴۵ منتشر کرد، راه رسیدن به هدف را برای روسها هموار کرد. پس جای شگفتی نیست که نخستین بمب اتمی شوروی چهارسال بعد از انفجار هیروشیما، در ۲۰ اوت ۱۹۴۹ در سیبری آزمایش شد. نمونه‌برداریهایی که یك هواپیمای تجسسیِ سازمان هواشناسی امریکا در سواحل ژاپن به عمل آورده بود خبر را برای واشینگتن افشا می کند. پرزیدنت ترومن ابتدا ازباور کردن آن امتناع کرد: در حالی که دانشمندان خبره چنین پیشامدی را پیش بینی کرده بودند.

در مورد سایر کشورها من باب اطلاع اضافه می کنیم که نخستین آزمایش اتمی انگلستان در ۳ اکتبر ۱۹۵۲، نخستین آزمایش فرانسه در۱۳ فوریه ۱۹۶۰ و نخستین آزمایش چین در ۱۶ اکتبر ۱۹۶۴ انجام شده است.

همان طور که نیلس بور پیش بینی کرده بود، به‌سبب نبودن یك توافق بین المللی، مسابقهٔ تسلیحاتی میان متفقین سابق درگرفت. مرتباً بمبهای اتمی بیشتر و نیرومندتر ساخته شد.

افکار عمومی، مضطرب می شود. درایالات متحدهٔ امریکا، *بولتن دانشمندان اتمی*، روی جلدش تصویر صفحهٔ ساعتی را چاپ می کرد که عقربه‌هایش به طرز

---

95. K. Fuchs

خطرناکی به ساعت صفر، ساعت نابودی دنیا، نزدیك می شد. وقتی که جنگ سرد و مسابقهٔ تسلیحاتی تشدید شد، عقربهٔ دقیقه‌شمار جلوتر کشیده شد.

درمارس ۱۹۵۰، در استکهلم کمیتهٔ جهانی هواداران صلح، به ابتکار فردریك ژولیو بیانیه‌ای منتشر کرد ــ که به نام «*بیانیه استکهلم*» معروف است ــ و در آن خواستار ممنوعیت سلاح اتمی و برقراری نظارتی برای تأمین این ممنوعیت شد. او اضافه کرد، هر دولتی که، اوّل از همه، سلاح اتمی را علیه هر کشوری به کار ببرد، مرتکب جنایتی علیه بشریت شده است. این بیانیه که مناظره‌های شورانگیزی را در سرتاسر دنیا برانگیخت، به امضای دهها میلیون نفر رسید. یك ماه بعد، فردریك ژولیو از تصدی وظایف کمیسر عالی انرژی اتمی برکنار شد.

ازپایان جنگ در ایالات متحدهٔ امریکا اختلاف عقیده بر سر ساختن اَبَر بمب، بمب حرارتی-هسته‌ای (ترمونوکلئر) ــ نخست از ترکیب دوتریوم ــ تریتیوم سپس دوتریوم - لیتیوم ــ یا بمب هیدروژنی درگرفت؛ بمبی هزار برابر نیرومندتر از بمب هیروشیما، معادل قدرت تخریبی تمامی بمبهایی که در جریان جنگ جهانی دوم مصرف شده‌اند. ساختن بمب هیدروژنی را ادوارد تلر پیشنهاد کرد، در حالی که جی رابرت اُپنهایمر به شدت با آن مخالف بود. رئیس جمهور امریکا سرانجام با پیشنهاد تلر موافقت کرد. اپنهایمر با وجود خدماتش در لوس آلاموس، قربانی یك کمیسیون بازپرسی [در جریان محاکمهٔ روزنبرگها] گردید و از پُست مشاور اتمی دولت کنار گذاشته شد.

ایالات متحدهٔ امریکا نخستین بمب هیدروژنی خود را مخفیانه در نوامبر ۱۹۵۲ در آتول (=آبسنگ مرجانی مستدیر) اِنیویتاك[۹۶] در اقیانوس آرام آزمایش کرد. اما وقتی که اتحاد جماهیر شوروی اعلام می کند که در اوت ۱۹۵۳ مبادرت به آزمایش یك بمب هیدروژنی خواهد کرد، همه غافلگیر می شوند. امریکاییان استراق سمع می کنند؛ واین بمب را ضعیف‌تر از بمب اِنیوتیاك می یابند. آزمایش بعدیِ یك بمب هیدروژنی امریکایی، که این بار محل و زمان آن رسماً اعلام شده بود، در اول مارس ۱۹۵۴ در جزیرهٔ بیکی نی[۹۷] صورت گرفت. انفجار، جزیره را ویران کرد، خاکستر رادیو اکتیو آن درفاصلهٔ ۱۵۰ کیلومتری ازمحل انفجار بر روی ساکنان یك آبسنگ مرجانی و بر

---

96. atoll Eniwetok 97. Bikini

روی یك کشتی ماهیگیری ژاپنی، موسوم به «اژدهای خوشبخت» فروریخت، باعث مرگ دو تن از دریانوردان و معلولیتهای حاد دیگران شد. این قربانیان جدید در زمان صلح، افکار عمومی جهانیان را تکان داد.

انفجار آزمایشی بمب هیدروژنی شوروی در نوامبر ۱۹۵۵، قدرتی برابر با بمب امریکایی داشت. اکنون ثابت شده بود که «انحصار اتمی» سرابی بیش نبود. سپس پرتاب «اسپوتنیك»، اولین قمر مصنوعی به فضا، تواناییهای فنی اتحاد جماهیر شوروی را مسجّل کرد.

هر ابرقدرتی قادر بود با استفاده از منابع فکری و مادی درون مرزیش، بمب اتمی بسازد. این آغاز دوره‌ای بود که برخی آن را موازنهٔ وحشت نامیدند و برخی دیگر، موازنه از راه بازدارندگی متقابل، بدین مناسبت که هر یك از ابرقدرتها بمبهایی در زرادخانهٔ خود داشتند که با آنها می توانستند همهٔ شهرهای بزرگ کره زمین را ویران کنند. اگر بلافاصله پس از جنگ جهانی دوم یك توافق بین المللی در امر نظارت بر سلاح اتمی حاصل شده بود، بدون تردید می توانست جلو مسابقهٔ تسلیحاتی را بگیرد. در پی انتشار بیانیه‌ای به امضای برتراند راسل در ژوئیهٔ ۱۹۵۵، و کوششهای فردریك ژولیو و سیسیل پاول، کنفرانسی از دانشمندان کشورهای مختلف در شهر پاگواش[۹۸] در ایالت اسکاتلند جدید [کانادا]، در ژوئیهٔ ۱۹۵۷، تشکیل شد. کنفرانس به ریاست پاول، خلع سلاح هسته‌ای را توصیه کرد و مسئولیت اجتماعی دانشمندان را متذکر شد. آگاهی از خطرات آلودگی محیط زیست در اثر آزمایشهای هسته‌ای مختلف، چند سال بعد به امضای پیمان منع آزمایشهای هسته‌ای در جوّ، منتهی شد؛ روشهای ردیابی از راه دور به سهولت، امکان کنترل را فراهم می ساخت.

دربارهٔ کاربردهای صلح آمیز انرژی هسته‌ای، پس از آنکه کنگرهٔ ایالات متحدهٔ امریکا انتقال تکنولوژی غیرنظامی هسته‌ای را به کشورهای دوست تصویب کرد، سازمان محل متحد در اوت ۱۹۵۵ درمقر اروپاییش در ژنو، کنفرانسی بین المللی دربارهٔ کاربردهای صلح آمیز انرژی هسته‌ای تشکیل داد. این کنفرانس، موفقیت بزرگی کسب کرد و هزار و پانصد نماینده از شرق و از غرب در آن شرکت کردند. در این کنفرانس بود که اتحاد جماهیر شوروی اعلام کرد نیروی برقِ نخستین نیروگاه

---

98. Pugwash

کوچك هسته‌ایش در حومهٔ مسکو را وارد مدار شبکه سراسری برق کشور کرده است. حدود هزار فقره گزارش به کنفرانس ارائه شد که برای نخستین بار از نتایجی، که تا آن زمان سرّی و با تلاش مستقل کشورهای مختلف به‌دست آمده بودند، پرده برمی گرفت. مثلا جالب بود که ملاحظه می شد، نتایج اندازه گیریهای کمیّتهای شاخص، مثل تعداد دقیق نوترونها در هر شکافت درشرایط گوناگون، در کشورهای مختلف، توافق دارد. روشهای تهیهٔ مواد مختلف در زمینهٔ هسته‌ای به اطلاع عموم رسید. درپی این کنفرانس، مذاکرات برای ایجاد یك سازمان بین المللی جهت مبادلهٔ اطلاعات مربوط به استفادهٔ صلح آمیز از انرژی هسته‌ای و حداقل نظارت دائمی متناظر با آن شروع شد، ودرنتیجه در اکتبر ۱۹۵۶، «آژانس بین المللی انرژی اتمی» وابسته به سازمان ملل متحد تأسیس شد.

سرانجام، همان طور که خودتان هم می دانید، در دسامبر ۱۹۸۷ درواشینگتن میان میخائیل گورباچف و رونالد ریگان، نخستین توافق واقعی بر سر کاهش جزئی زرادخانه هسته‌ای میان دوابر قدرت به امضاء رسید.

علم، وجدان اخلاقی، افکار عمومی

مارگارت گووینگ[۹۹]، مورّخ انگلیسی، خاطرنشان کرده‌است که تحول دانش هسته‌ای از تقارن مقدّر میان کشف شکافت و، چند ماه بعد، شروع جنگ جهانی دوم، متأثر بوده است. اگر شکافت و امکان واکنش زنجیره‌ای دریك دورهٔ صلح آمیز کشف شده بود، پیش از آنکه بمب اتمی ساخته شود، ایجاد نیروگاههای هسته‌ای به نتیجهٔ مطلوب می‌رسید، و در آن صورت، افکار عمومی به شکل دیگری واکنش می کرد.

عدهٔ کثیری ازدانشمندان بزرگی که با تحقیقاتشان دررهاسازی انرژی هسته‌ای و دربهره برداری ازفرایند واکنش زنجیره‌ای سهیم بوده اند، مسائل وجدانی را پیش خود مطرح کرده اند و ازبابت استفاده‌هایی که از نتایج کارشان شده است، دلمشغولیهایی داشته‌اند. پس از بمب، مذاکرات برای رسیدن به موافقتهای بین المللی خلع سلاح در نظرشان حائز اولویتهای مطلق بود. دیدیم که نیلس بور، لئو زیلارد، آلبرت اینشتین و

---

99. Margaret Gowing

رابرت اُپنهایمر سرسختانه در برابر تولید و توسعهٔ بمب هیدروژنی قد علم کرده بودند. فردریك ژولیو بیانیهٔ استکهلم را به گوش جهانیان رسانید درهر فرصتی تأکید می کرد که جنگ هسته‌ای می تواند بشریت و تمدن را نابود کند. آندره ساخاروف[۱۰۰] که در توسعهٔ بمب هیدروژنی شوروی سهم مهمی داشته است، در کشورش، مبارزه‌ای برای دفاع از حقوق بشر را آغاز کرد. جا دارد خاطرنشان کنیم که بسیاری از این دانشمندان با حکومتهای کشورشان درگیریهای گاهی خیلی جدّی داشته‌اند، مثل اپنهایمر درایالات متحدهٔ امریکا، ژولیو در فرانسه، ساخاروف در اتحاد جماهیر شوروی، هرچند که انگیزه‌ها و پردهٔ متن درگیریها از کشوری به کشور دیگر متفاوت بوده است.

معمولا متخصصان یك رشتهٔ علمی با همکاران خارجیشان بیشتر ارتباط دارند تا با هموطنانشان که در رشته‌های متفاوتی فعالیت می کنند. اپنهایمر آن را یکی از نشانه‌های تمدن ما می دانست. این قوهٔ تفاهم متقابل می تواند به پیشبرد در تحقیق راه حلها کمك کند.

فاجعه چرنوبیل[۱۰۱] در ۱۹۸۶، اثرات زیانبخش نشست رادیواکتیو را نشان داد. فی الواقع، این اثرات در مقیاس بین المللی مطرحند؛ آن چه که بر وابستگی متقابل ملتها در دنیای امروز تأکید دارد.

کوششهایی که برای خلع سلاح به عمل می آیند، البته یکشبه به نتیجه نخواهند رسید. در این عرصه، وضعیت را نمی توان با وضعیت دو شطرنج بازدر برابر هم مقایسه کرد، که بازی را با مهره‌های یکسان وهر یك با شناختی کلی از شیوهٔ بازی طرف مقابل آغاز می کند؛ چنین وضعیتی درمقیاس کشورها وقاره‌ها مصداق ندارد، زیرا اوضاع جغرافیایی و اقتصادی آنها کاملا متفاوت است، وسایل یکی برای دیگری کاملا شناخته نیست و اطلاعات دربارهٔ کم و کیف این وسایل نیز گاهی از سوی دستگاههای امنیتی یا تبلیغاتی مخدوش شده و برحسب نیاز، کمتر یا بیشتر از آنچه که هست وانمود می شود. حتی گاهی، به اعتبار پاره‌ای شواهد، می توان تردید کرد که دولتها همیشه دیدی روشن و واقع بینانه از وسایل و منابع خودشان داشته باشند.

ایزاك رابی، که پیشتر از فعالیتهای اودرسال ۱۹۳۹ یاد کرده‌ایم، در ۱۹۸۵، پس از گوش دادن به سخنان بانوی تاریخدانی دربارهٔ دوره‌ای که خودش از معماران آن بوده

---

100. A. Sakharov 101. Tchernobyl

است، چنین توضیح داد: «در گرماگرم جنگ، با به یادآوردن بمبارانهای شهرهای چین و قساوتی که ژاپنیها در حق مردم چین مرتکب شده بودند، ما به بمباران اتمی ژاپن اعتراض نکردیم. اما تدارك برنامهٔ بمباران اتمی در زمان صلح، چیز وحشتناکی است. ما باید از به‌کار بردن سلاحهای هسته‌ای صرف نظر کنیم.»

باری، ساختن این «دنیای باز» بر پایهٔ اعتماد متقابل که نیلس بور آرزو می کرد، کار آسانی نیست.

لئو زیلارد در پایان خاطراتش روایت می کند: «از من پرسیدند، آیا فکر می کنم که تراژدی دانشمند این است که با قدرت خود دانشهای ما را به پیش می برد تا بعداً، بشریت بتواند آنها را درمقاصد تخریبی به کار ببرد. پاسخ من این است، این تراژدی دانشمند نیست، بلکه تراژدی بشریت است.»

در قرن شانزدهم، فرانسوا رابله[۱۰۲] نوشت: «علم بدون وجدان اخلاقی، تباهی روح است». این وجدان اخلاقی، تنها وجدان دانشمند نیست. البته دانشمندان نقش اساسی، از جمله درعرصهٔ وجدان اخلاقی برعهده دارند. با این حال، این، دولتها هستند که مسئولیت نهایی و وسایل مقابله با آن را در اختیار دارند؛ اما افکار عمومیِ شهروندان همهٔ کشورها می تواند نقش تعیین کننده‌ای دراین میان ایفا کند.

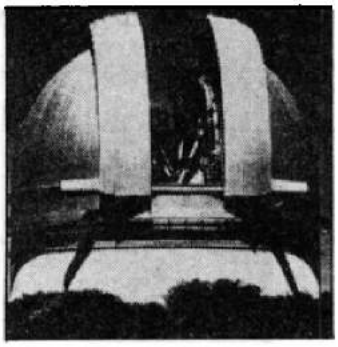
---

102. Francois Rablais

۷

شنبه

ستاره‌ای وسط روز



در پایان هفته، چهره‌ها گل انداخته و دو گروه با هم جوش خورده بودند. همه در میعادگاه، حاضر بودند، و باید نه تنها از جهان بینهایت خُرد، بلکه از جهان بینهایت کلان نیز بحث می‌شد. این داستان آخر را یك فیزیکدان چینی تبار روایت می‌کند.

اسم من لیان یو[1] است که در زبان چینی به معنای یشم ناب است، و رشتهٔ تخصصی من، اختر فیزیك هسته‌ای است.

از کودکی به مطالعهٔ ستارگان علاقه داشته‌ام. دراین ایام، من با والدینم در شهر کایفنگ[2] در ایالت هنان[3] در چند کیلومتری جنوب رود زرد در قلب چین کلاسیك زندگی می‌کردم. نام قدیمی این شهر بیان ـ لیانگ[4] (پل روی بیان) و پایتخت سلسلهٔ سونگ شمال[5] بوده است. این دوره از تاریخ کشورم فوق العاده برایم جالب است و شما در ادامهٔ بحث ملاحظه خواهید کرد که چند دلیل برای آن وجود دارد. هر محله از شهر قدیم سلطنتی، هر بنای تاریخی، یادآور گذشته‌ای شکوهمند است.

---

1. Lian Yu 2. Kai-feng 3. He-nan 4. Bian-Liang
5. Song du Nord

منظرهٔ رود در روز جشن بهار

سلسلهٔ شاهان سونگ شمال از ۹۶۰ تا ۱۱۲۶ میلادی بر سرتاسر چین حکومت می‌کردند. این سلسله، پس از یك دورهٔ فترتِ ۵۰ سالهٔ بی‌نظمی، جانشین سلسلهٔ تانگ[6] می‌شد. اقوام به اصطلاح وحشی از شمال و از شمال شرق دائماً کشور را تهدید می‌کردند و جنگها تمامی نداشتند. درسایه یك سری توافقها شاهان سونگ موفق شدند صلح را کمابیش تأمین کنند، اما در ۱۱۲۶ اقوام وحشی جین[7] بر شمال چین استیلا یافتند پایتخت را محاصره و امپراتور و خاندان سلطنتی را اسیر کردند. یکی از شاهزادگان که موفق شده بود به جنوب فرار کند، خودش را امپراتور اعلام کرد، وشهر هانگ زو[8] را به عنوان پایتخت برگزید و آن را لین آن[9]، یعنی صلح موقتی، نامید. و این، آغاز سلسلهٔ سونگ جنوب بود. جینها نیز به نوبهٔ خود به تدریج مغلوب مغولها شدند که سرانجام از نیمهٔ دوم قرن سیزدهم میلادی با نام سلسلهٔ یوان[10] بر سرتاسر چین مسلط شدند.

حال ببینیم در ابتدای هزارهٔ دوم میلادی، در حالی که مردم اروپای قرون وسطایی، کم کم از وحشت سال ۱۰۰۰ میلادی بیرون می‌آمدند[11]، شهر بیان لیانگ در چه وضعی به‌سر می‌بُرد.

شهر را که در ایام نزدیك به نیم میلیون نفر سکنه داشت، به برکت طومار نقاشی پنج متری که زانگ زی دوان[12] کشیده است می‌شناسیم؛ این طومار اکنون در پکن در موزهٔ شهر ممنوع در شرق کاخ سلطنتی نگاهداری می‌شود و نام آن «منظرهٔ رود در روز جشن کینگ مینگ[13]» است و صحنه‌های گوناگون زندگی و کسب و کار سکنهٔ شهر را روی آن می‌توان دید.

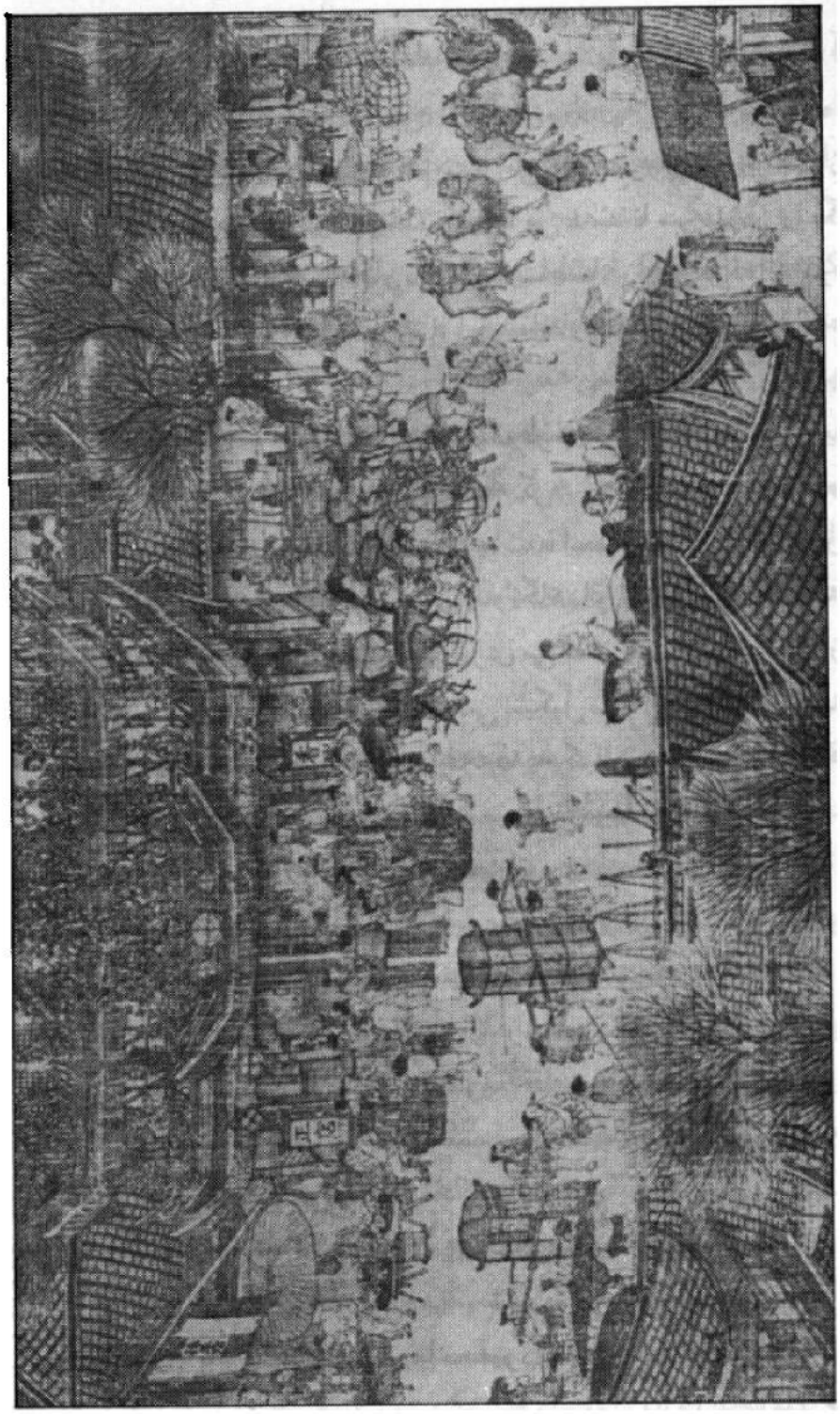
بانوان اعیان، سوار بر کجاوه‌هایی که بر دوش باربران حمل می‌شد، جابه‌جا می‌شوند؛ شترها بارشان را از یکی از دروازه‌های شهر به سوی بندر می‌برند؛ جنب‌وجوش شهر تا دیروقت شب ادامه دارد. قایقها، برخی در طول ساحل رود

---

6. Tang 7. Jin 8. Hang-zhou 9. Lin-an 10. Yuan

۱۱. اشاره است به کیش هزاره‌پرستی برخی از فرقه‌های دین مسیحی که سال ۱۰۰۰ میلادی را مقارن با بازگشت حضرت مسیح و آغاز حکومت ۱۰۰۰ سالهٔ او می‌پنداشتند. ــم.

12. Zhang Ze-duan 13. Qing-ming



قسمتی از طومار نقاشی شده، اثر زانگ زی دوان، «منظرهٔ رود در روز جشن کینگ مینگ» که یکی از خیابانهای بیان لیانگ را در قرن ۱۱ نشان می دهد.

باطناب کشیده می شوند، برخی دیگر به کمك تك پاروی انتهایی که هشت خدمهٔ آن را حرکت می دهد، پیش می روند، پلهای قوسی، دو ساحل رود «بیان» را، که به رودده ذرع عمق یا رود آبهای طلایی معروف است، به هم متصل می کند. عبور از روی برخی از پلها به قدری دشوار است که دو الاغ را به پشت گاریها می بندند تا سرعتشان را بگیرد. می بینیم که روی برخی از پلها فروشندگان دوره گرد بساطشان را پهن کرده اند. در طول ساحل، قهوه خانه های دنج، میز و نیمکتهایشان را چیده اند و عابران را به نشستن دعوت می کنند.

خانه های خانواده های مرفه، بامهای شیبدار دوطرفه دارد که با سفالهای لعابدار پوشیده شده اند، اطراف آنها را باغچه هایی احاطه کرده است که چونان منظره های مینیاتوری، در آنها کوهها، دریاچه ها و رودها تعبیه شده است. پشت جلو خان ورودی خانه ها، پرده ای به بلندی دومتر، راه را بر نفوس بد و نگاههای نامحرم می بندد. خدایانِ دروازه ها نیز از ورود اجنه و ارواح خبیث جلوگیری می کنند. هر خانهٔ اشرافی از چند عمارت کلاه فرنگی برای استفاده های اختصاصی تشکیل شده است: عمارت مهتابی، عمارت موسیقی، عمارت هواخوری. در باغچه ها به کمك یك چرخ بادی، هوای پیرامون گلها را موج می دهند تا رایحهٔ گلها به درون تالارها نفوذ کند.

مثل بسیاری از شهرها که زمانی پایتخت امپراتوری بوده اند، در مرکز آن کوی سلطنتی را می بینیم که با دیوارها و دروازه هایی که وسیع ترینِ آنها دروازهٔ «توشیح فضیلت» نامیده می شود، محصور شده است. عمارت اژدرها از چوب ساخته شده است و هر بار که در آتش سوزی از بین می رفت، آن را از نو می ساختند و رنگ می زدند، به طوری که همیشه جلوهٔ بنای نوساز را داشت. صومعهٔ **حامی مملکت**، یکی از کهنِ ترین صومعه های بودایی است که در چین بنا شده است. و معبد **صفای آسمانی**، بنایی نه طبقه است. آنگاه به شهر قدیمی می رسیم با دکانهایش، چایخانه هایش، معابدش و دروازه هایش با نامهای خیال انگیز: دروازهٔ **عنابهای ترش**، دروازهٔ **گنجشك قرمز**، دروازهٔ **رونق پایدار**. و بالاخره شهر جدید، شروع می شود که آن هم با وجود گستردگی، در آن دوره با دیوارها و دروازه ها محصور بوده است. راه سلطنتی از دورن **شهر ممنوع** شروع می شود، از سر تا سر شهر می گذرد و به دروازهٔ **رایحه های جنوب** می رسد. آنچه مایهٔ شگفتی است این است که این خیابان، سیصدمتر عرض داشته است. معبر میانی، مخصوص امپراتور، با دوردیف نرده به رنگهای مشکی و قرمز مجزّا

شده‌اند، در دو سمت آن حجره‌های بازرگانان دیده می‌شود و کاریزهایی که در حاشیه‌اش به ردیف، درختان کُنار، آلوچه و هلو کاشته شده‌اند. و به قول شاعر؛ «در بهاران تو گویی پرده‌ای است که با رنگهای شاد گلدوزی شده باشد».

در بیان لیانگ، سنّت محترم شمرده می‌شود. کیش بزرگداشت نیاکان ایجاب می‌کند که مناسك تکرار شود. پاره‌ای از آنها در کتاب قدیمی مناسك **لی کی**، که قسمتهایی از آن حفظ شده است، شرح داده شده است. مثلا، هر سال آغاز فصلها، از قرنها پیش با مراسم خاصی همراه بوده است. امپراتور، مقید بود که در عمارت با شکوه قصر نور، اقامت کند و به نوبت در دوازده اقامتگاه متوالی، متناظر با دوازده ماه هلالیِ تقویم چینی، حضور یابد. هر از گاهی لازم می‌شد یك ماه سیزدهمی (کَبْس) به آن بیفزایند، در این صورت امپراتور ناچار بود در درگاهِ دوتالار مجاور اقامت کند، که آن را با مفهوم نگاری که امپراتوری را میان دو در نشان می‌دهد، نمایش می‌دادند:

کتاب مناسك *لی کی* توضیح می‌دهد: «درنخستین ماه بهار، امپراتور در تالاری که در سمت چپ **قصر بهار** واقع است اقامت می‌کند. او سوار ارابه‌ای سبز می‌شود که اسبانی موسوم به اژدرهای سبز به آن بسته شده‌اند؛ او پرچمی سبز برمی‌افرازد، لباسهایی به رنگ سبز به تن می‌کند و کمر بندش را با یشم سبز مزیّن می‌کند. بهار در این ماه آغاز می‌شود. سه روز پیش از فرارسیدن بهار، رئیس تشریفات مراسم مقدس، به حضور امپراتور می‌آید و به او اعلام می‌کند: «سه روز دیگر بهار شروع می‌شود، برترین فضیلت در عنصر چوب مکان دارد». آنگاه امپراتور به تزکیهٔ نفس می‌پردازد. در اولین روز بهار، امپراتور پیشاپیشِ دسته‌ای از درباریان و بزرگان مملکتی مرکب از سه وزیر، نه والی، شاهزادگان تیولدار حاضر در دربار و صاحب منصبانی که لقب **تافو** دارند، مراسم قربانی را در مقدم موکب بهار که به حومه‌های شرقی پایتخت رسیده است به جا می‌آورد». همهٔ اهالی شهر بر سر درِ خانه‌هایشان شاخه‌های بید نصب می‌کنند، و شهر، ناگهان یکپارچه در سبزی بهار غرق می‌شود.

مراسم ازدواج نیز از جمله مناسکی است که گاه در شهر، چند هفته‌ای طول می‌کشد. مورخان، آن را چنین شرح می‌دهند: وقتی دلالان محبت، کاغذی را که روی آنها نام و تاریخ تولد نامزدها درج شده است مبادله کردند. «مراسم بُرش» [مشابه بله

گرفتن از دختر به هنگام خواستگاری] در خانهٔ دختر شروع می شود. وقت معرفی نامزدها به یکدیگر، مراسم نوشیدن چند فنجان نوشابه اجرا می شود: چهارفنجان برای پسر و دو فنجان برای دختر. اگر با ازدواج توافق شده باشد، یکی از خویشان دختر دو سنجاق سر به گیسوان بافتهٔ دختر فرو می کند، در غیر این صورت دو قواره ساتن به نشانهٔ رد ازدواج برای خانواده اش فرستاده خواهد شد. درصورت توافق برای ازدواج، مبادله هدایا میان دوخانواده شروع می شود: ازطرف خانوادهٔ پسر لوازم تزیین سر، گلدانهای چینی، و نقل ونبات فرستاده می شود، ازطرف خانوادهٔ دختر، پارچه، یك جفت چو بدستی، دو سر پیاز، دو تنگ آب که چهار ماهی قرمز در آن شناور است. این رسم را «عوض و بدل ماهی و چو بدستی» می نامند. چند روز قبل از ازدواج، دختر سه قطعه طلا دریافت می کند؛ النگو، زنجیر دور قوزك پا و گردنبند. روز ازدواج که «ساعت» آن را فال بین تعیین کرده است عروس سوار بر کجاوه ای که بردوش باربران حمل می شود با همراهی مطربان به خانهٔ والدین شوهر آینده اش می رود. جلو درِ خانه، پیش پای عروس، دانه‌های برنج، پول مسکوك و پول کاغذی (که تازه متداول شده بود) و خشکبار می ریزند تا نفوس بد را دور کنند. زنان مطرب که مشعلهایی به شکل درخت کُنار و شمعهایی به شکل گل دردست گرفته اند، پیشاپیش عروس حرکت می کنند. یکی از آنها آینه در دست روبه عروس، عقب عقب راه می رود و راه برای او باز می کند. دوستان نزدیك عروس، اورا درراه رفتن بر روی حصیری سبزرنگ، سوار شدن بر زین اسب و ایستادن بر روی کفهٔ ترازو کمك می کنند؛ اینها رسمهایی بوده که امروزه معنای آنها برما شناخته نیست. پس از اتمام مراسم، نوعروس، نزد والدین شوهرش زندگی خواهد کرد و نسبت به آنان همان احترام و اطاعتی را که نسبت به والدین خودش داشته، روا می دارد.

هر فصل از داستانهایی که در عصر سونگها نوشته شده با این عبارت خاتمه می یابد: «اگر می خواهید بدانید بعد چه پیش می آید به توضیحات فصل بعدی گوش بسپارید».

ستاره‌ای خوش یُمن

عصر «سونگ»ها به خاطر نقاشیهای عالی، گلدانهای نفیس، و اشعار نغز شاعران

و نیز به خاطر نقّالان میدانهای عمومیش شهرت دارد. به گواهی تاریخ، یکی از همین نقّالان در آغاز سال ۱۰۰۶ میلادی توجه روستاییان دِه مجاور را که برای خرید اجناس به بازارهای بیان لیان آمده بودند، جلب می کند. نقّال با به‌صدا درآوردن لوحهٔ چوبیش، شبیه نوعی جغجغه، عابران را دور خودش جمع می کند. آنگاه چیستانش را مطرح می کند: «آن چیست که چهره اش به رنگ هلو، لبانش چون گیلاس، انگشتان ظریفش چون یشم، چشمانش درخشان و مسحورکننده اند؛ قامتش وقتی آواز می خواند موج می زند». در میان جمع، روستایی جوانی بود که به همهٔ غرفه‌ها سرکشیده بود، معرکه‌های گوناگون، ازمارگیری و فالگیری را یك به یك سیاحت کرده بود و از انواع و اقسام شیرینیها که با نیشکر و شهد عناب ساخته شده بودند، چشیده بود و حالا سرِ آخر به معرکهٔ نقّال رسیده بود.

نقال با نَفَس گرمش شنوندگانش را افسون می کرد، اما جوان روستایی ما در فکر نامزدش بود که در ده انتظارش را داشت. قرار بود بزودی باهم ازدواج کنند؛ او یقین داشت که همسر آینده اش به خوبی ازپدر و مادر سالمندش مواظبت خواهد کرد؛ علاوه بر اینها فکر می کرد نامزدش به هنرها آراسته است، گلدوزی و بافندگی می داند، سواد خواندن هم دارد، چرا که از هفت سالگی روزانه بیست حرف آموخته است. نامزدش به سنتها احترام می گذارد، هر سال، روز هفتم از ماه هفتم، روز جشن بافندگی، از نگاه کردن به ستارهٔ شب و نظارهٔ دوستارهٔ «دختر بافنده» و «پسر چوپان»[۱۴] غفلت نمی کند، دوستاره‌ای که کهکشان راه شیری آنها را ازیکدیگر جدا کرده است و آن شب در حال عبور به‌هم می رسند. جوان روستایی به یاد آورد که کمی پیش از عزیمت به شهر، درشبی مهتابی که با نامزدش گَردش می کردند دختر به خاطر غیبت چند روزهٔ نامزد غمگین بود. او برای دلداری به دختر گفته بود: «می خواهی از شهر برایت چه سوغاتی بیاورم؟» دختر به آسمان، به ستارگان و به ماه که هنوز در یکی از تربیعهایش بود نگاه کرده و با کمرویی به او گفته بود: «آنچه دوست می دارم چیزی است که مثل ماه در آسمان می درخشد، شبیه هلال، که روز ازدواجمان چون نیمتاج به سرم خواهم زد». داماد آیندهٔ ما کارهایش را در شهر خاتمه داده بود و می خواست به ده برگردد، اما هنوز سوغاتی نامزدش را نخریده بود. با خودش می گفت، راستی از من چه خواسته بود؟

---

۱۴. احتمالا اسامی چینی دوستاره از صُوَرفلکی جبار و جوزا. ــم.

دقیقاً به خاطر نمی آورد. عطر می خواست، صابون معطّر می خواست، شانه یا سنجاق موی سر می خواست؟ سعی کرد لحظه‌ای را که نامزدش خواسته‌اش را به زبان آورده بود در ذهن مجسّم کند. شب بود، ما به آسمان نگاه می کردیم. او چیزی درخشان مثل این ستاره می خواست. هان، پیدا کردم! او یك آینه می خواست، گِرد، مثل ماه، مثل ماه بدری که در این لحظه می درخشد. او یك آینه از فلز صیقلی شده می خواست. جوان به گردش خود در بازار در میان بساط فروشندگان دوره‌گرد ادامه داد: چای فروش، اسباب‌بازی فروش، نقاش گلهای ارکیده، زیورآلات فروش، تا آنکه بالاخره چشمش در جعبهٔ آینهٔ یك خرازی فروش به یك آینهٔ برنزی، شبیه این آینه‌های قدیمی هان[۱۵] معروف به «اسب دریاها و خوشه‌های انگور» افتاد.

جوان روستایی پس از بازگشت به ده با عجله نزد نامزدش می رود تا سوغاتیش را تقدیم کند. دختر با خوشحالی از او استقبال می کند و طبق رسم آن روز پس از رفتن نامزدش، بستهٔ سوغاتی را می گشاید و چشمش برای اولین بار به فلز صیقلی شده‌ای می افتد که تا آن روز ندیده بود؛ و بلافاصله گریه‌کنان خودش را به آغوش مادرش می اندازد، مادرش ناراحت و بهت‌زده به او می گوید: «چرا گریه می کنی؟، نامزدت در شهر به فکر تو بوده است و این هدیهٔ زیبا را برایت آورده است». دختر هق هق کنان در حالی که به آینهٔ برنزی نگاه می کند: «البته، اما او دیگر مرا دوست ندارد، او از بیان لیانگ با یك زن زیبا آمده است». مادرش شیء گرد فلزی را می گیرد و در آن نگاه می کند و با تعجب می گوید: «درست، او زنی را با خودش آورده است، اما این زن خیلی مسن تر از توست».

سرانجام همه چیز به خوبی و خوشی خاتمه می یابد و ازدواج دو نامزدجوان در ابتدای بهار، با مراسمی ساده‌تر از آنچه روایت شد صورت می گیرد.

زن و شوهر جوان عادت گردش شبانه درمهتاب و نگاه کردن به آسمان پرستاره را همچنان حفظ کردند. شبی، مصادف با دومین روز از چهارمین ماه از سومین سال حکومت امپراتور زنگ‌ـزونگ، که به تقویم میلادی برابر با اول مه ۱۰۰۶ است، آسمان صاف بود و زوج جوان پس از صرف شام برای گردش شبانگاهی بیرون آمدند. آنها از مشاهدهٔ درخشش فوق العادهٔ ستاره‌ای در جنوب گنبد آسمان تعجب کردند،

---

۱۵. سلسلهٔ سلطنتی چین که از ۲۰۶ قبل از میلاد تا ۸ بعد از میلاد بر چین حکومت می کردند. ـــم.

ستاره‌ای که روزهای قبل ندیده بودند. زن جوان، نجواکنان زیر لب گفت: این ستاره به خاطر ما ظاهر شده است وستارهٔ بخت ماست».

آن دو تنها کسانی نبودند که آن شب این ستاره رادیده بودند. چند روز بعد در بیان لیانگ، رئیس رصدخانهٔ سلطنتی، حضور امپراتور بار می یابد و به وی اعلام می کند که اوایل شب ازدومین روز از چهارمین ماه، یك ستاره بزرگ به رنگ زرد (رنگ برگزیدهٔ امپراتور زنگ-زونگ) درشرق کهکشان *کولو*[16] ودر غرب کهکشان چی *کوان*[17]، در سومین درجهٔ شرق دی[18]، ظاهر شده است. به روایت تاریخنگاران، درخشندگی این ستاره کم کم افزایش یافته است، درخشش آن به قدری بود که در پرتو نورش شب می شد اشیا را تشخیص داد. ظهور یك چنین ستاره ای به اعتقادمردم آن روزبر واقعه‌ای دلالت می کرد، و منجمان می باید سعد یا نحس بودن آن را برای امپراتوری تعیین می کردند. چو کو مینگ[19]، رئیس دیوانخانهٔ بهار، یعنی وزیر تشریفات مناسك، نوهٔ منجم بزرگ دربار چوچین[20] ازمأموریت بازمی گشت. زندگینامه‌اش حاکی است که او بلافاصله به حضور امپراتور می رسد و به عرض می‌رساند: «من همهٔ برجها را رصد کردم، معنای آنها روشن است. ستارهٔ جدید باید چو-پو[21] نامیده شود، این ستاره، زردو شکوهمند است مثل سلسلهٔ امپراتوری ما. ظهورش در ممالکی که رؤیت شود، منشأ صلح و خیر وبرکت خواهد گردید، زیرا ستاره‌ای خوش یُمن است. من درمسیر بازگشتم شنیده‌ام که مردم و درباریان از ظهور این ستاره بیمناك شده‌اند. چاکر خدمتگزار به اعلیحضرت توصیه می کند که امر ومقرر فرمایند که عموم کارکنان دولت ازکشوری ولشگری به خاطر آسودگی خیال، مراسم شکرگذاری این ستاره را به جا آورند.» رئیس دیوانخانهٔ بهار، ستارهٔ جدیدرا چو-پو نامیده بود (= الگوی خردمندی برای کنفسیوس) و نه مثل معمول برای ستاره‌های جدید که آنها را که خینك[22] (ستارهٔ مهمان) می نامیدند. امپراتور بی‌درنگ این توصیه را تصویب کرد و مقامات مملکتیِ حاضردر جلسه، تعظیم کنان ظهور ستارهٔ جدیدرا به امپراتور تبریك گفتند. امپراتور به القاب چو کو مینك، لقب کتابدار قصر سلطنتی و ندیم شاهزاده ولیعهد را افزود. پس از پیمان صلحی که با اقوام وحشی به امضا رسید، سال ۱۰۰۶ آغازیك دورهٔ طولانی صلح

---

16. Ku-lou 17. Chi-Kuan 18. Di

19. Chou Ko-ming 20. Chou-chien 21. chou-po 22. ke-xing

و آرامش برای امپراتوری سونگ گردید. ستارهٔ خوش یمن تا هشتمین ماه، قابل رؤیت بود و طی آن به تدریج پشت افق ناپدید شد. در طول ماه یازدهم در بخشی از آسمان که «دی» نامیده می شد ظاهر گردید. و گویا تا زمانی که درخشندگیش تدریجاً کاهش یابد، تقریباً دوسال قابل رؤیت بوده است.

اخترشناسی که مبنای گاهشماری در چین بود ارتباط تنگاتنگی با طالع بینی و پیشگویی حوادث سعد و نحس داشت. امپراتور، عالی ترین مقام نگاهبان قوانین الهی و نمایندهٔ او درروی زمین بود. و همان طور که ژان باتیست بیو[۲۳] اخترشناس و فیزیکدان فرانسوی خاطر نشان کرده است نظام گاهشماری معمول در چین از ۲۰ قرن پیش ازمیلاد، متداول بوده است و تقریباً بدون تغییر تا زمان جدید دوام داشته است. مطالعهٔ کواکب از جملهٔ وظایف حکومتی و دستگاه اداری مملکت شمرده می شد.

منجم سلطنتی که عده ای کارمند حقوق بگیر داشت، رسماً موظف بود که هر رویداد غیر عادی در آسمان را اعلام کند، او می باید ستارگان را به هنگام عبور از نصف النهار رصد کند و موقعیت آنها را در تقسیمات استوایی آسمان یادداشت کند. ۲۸ ستاره ای که به عنوان ستاره های اصلی انتخاب شده بودند طی قرنها همانها برای تعیین حدود ۲۸ قسمت نامساوی گنبد آسمان به کار می رفتند. قسمت دی که ستارهٔ جدید در سال ۱۰۰۶ م. در آن ظاهر شده بود، یکی از قسمتهای ۲۸ گانه است (به تصویر صفحه ۲۳۱ نگاه کنید). در میان ابزارهای اندازه گیری که از قدیم الایام استفاده می شد، علاوه بر ساعت آفتابی، یك صفحهٔ صیقلی عمود در جهت نصف النهار و یك ساعت آبی بود که امکان می داد فاصلهٔ زمانی میان عبور ستارهٔ مرجع و ستارهٔ رصد شده را تعیین کرد. منجم سلطنتی، بویژه موظف بود با محاسبه و استنتاج از رصدهای روزانه، گرفتن خورشید یا ماه را در آینده پیشگویی کند. آنگاه امپراتور و دربارش با روزه داری، خود را برای مشاهدهٔ آن آماده می کردند. «در روز اعلام شده، «ماندران»ها با تیر و کمان در دربار حضور می یافتند. وقتی کسوف یا خسوف آغاز می شد، امپراتور شخصاً بر طبل می کوبید و خطر را هشدار می داد. در همان حال، «ماندارن»ها تیرهایشان را به پشتیبانی ماه یا خورشید که گرفته بود از چلهٔ کمان به سوی آسمان رها می کردند.»

از سوی دیگر، یك منجم صاحب عنوان با دستیاران مخصوصش مأمور می شد که

---

23. Jean-Baptiste Biot

رصدها را تعبیر وتفسیر، و همچنین تغییرات پیش آمده را یادداشت کند.

این ایام در ژاپن مقارن بود با عصر طلایی دورهٔ هیان[۲۴]. خاندان فوجی وارا[۲۵] در کیوتو نایب السلطنه بود. کتاب *تاریخ میگتسوکی*[۲۶] گزارش می دهد که در سومین سال عصر کانکو[۲۷]، در آغاز شب، در سمت جنوب، ستارهٔ نو ظهور بسیار درخشنده ای ظاهر شد. چندی بعد، از پشت پرده ای که بنا بر سنّت، امپراتور را از رعایایش جدا می کرد، وزیر دوم گزارشهای مختلف راجع به این ستاره را قرائت کرد. دربارهٔ معنایش باید تصمیمی گرفته می شد. کتاب تاریخ دیگری بیان می کند که امپراتور دستور داد راجع به این ظهور، پیشگویی شود. در بیست و یك معبد مراسم قربانی به عمل آمد. چند روز بعد، قاضی دیوان عدالت به حضور امپراتور رسید و به مناسبت ظهور ستارهٔ جدید تقاضای عفو عمومی کرد.

در همان ایام، کشورهای اسلامی از ایران تا اسپانیا گسترده بودند. خلفای عباسی در شرق حکومت می کردند، فاطمیان بر شمال افریقا فرمان می راندند؛ جنوب اسپانیا (اندلس) سرزمین خلافت امویان را تشکیل می داد که شهر قرطبه (= کوردوبا) دارالخلافهٔ آن بود. علی ابن رضوان یك پزشك مصری قرن یازدهم (م.) بود. او در خانواده ای تنگدست در حوالی قاهره به دنیا آمده بود، دوران کودکی و جوانیش را به سختی گذرانده بود و فی الواقع می توان گفت او خود آموزی کرده بود و معاش خود را از راه پیشگویی و طالع بینی تأمین می کرد. او می نویسد که در آغاز تحصیلاتش در فسطاط (جنوب قاهره)، دارالخلافهٔ فاطمیان در مصر اقامت داشته است. در این روزگار شاهد نمایش شگفت انگیزی می شود: ظهور یك ستاره. در پانزدهمین درجهٔ صورت فلکی عقرب. این ستاره، تقریباً سه برابر بزرگ تر از زهره بود. آسمان از پرتو نور آن روشن شده بود و شدت درخشندگیش تقریباً یك چهارم ماه بود. این، یك ستارهٔ ثابت بود که با صورت فلکیش جابه جا می شد. علی ابن رضوان موقعیت آن را در آن روز نسبت به ماه و به سیارات معلوم کرد.

---

24. Heian 25. Fujiwara 26. Meigetsuki 27. Kanko

سالنامهٔ موریتانی روایت می کند که در سال ۳۹۶ هجری قمری یك ستارهٔ خیلی درخشان پیش از غروب آفتاب ظاهر شد. این ستاره مدت شش ماه قابل رؤیت بود. در متن، اضافه شده که علامت منطقة البروجی عقرب به موجب اعتقادات اسلامی خوش یمن نبوده است، از این رو با ظهور آن، جنگهای بزرگ، خشکسالیها و قحطیها پیش آمده است.

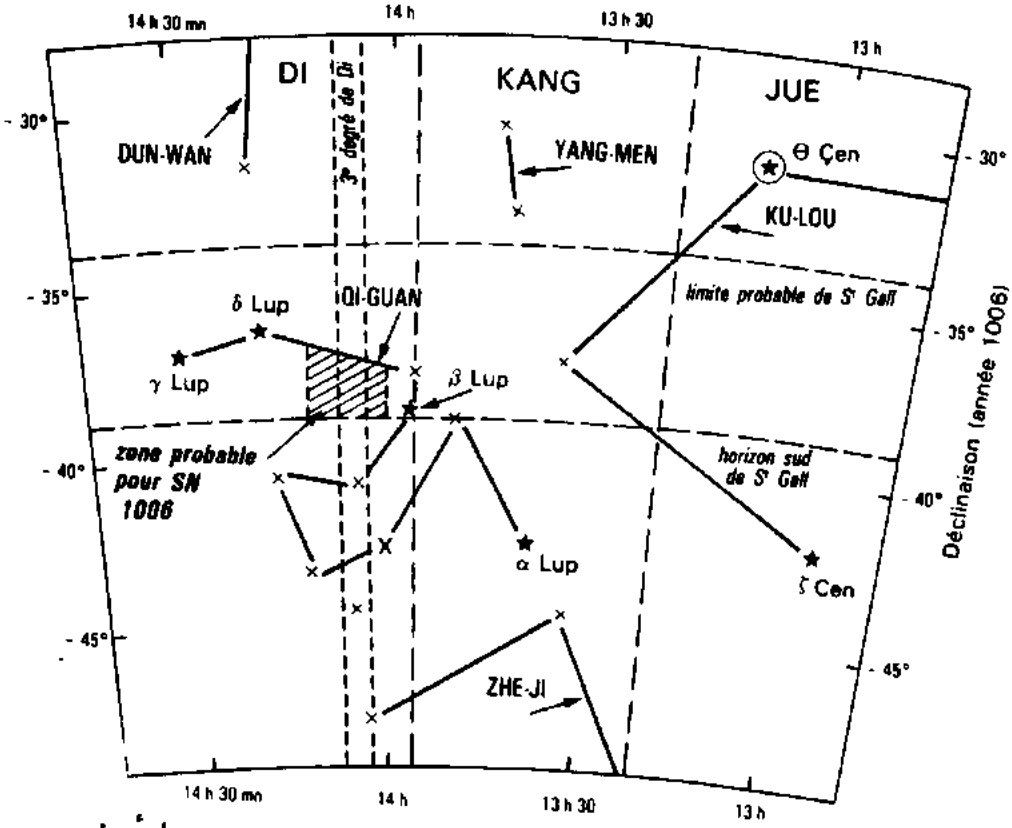
در این ایام، اروپا در بحبوحهٔ قرون وسطی می زیست. نظارهٔ آسمان و رصد دقیق ستارگان در زمرهٔ اشتغالات مهم مردم نبود. در غرب، در نورماندی، هنوز گیوم فاتح متولد نشده بود. روبرت دوم ملقب به «پارسا» پسر هوگوس کاپت[۲۸]، در املاك سلطنتی ایل دوفرانس که شامل منطقهٔ پاریس و اورلئان می شد سلطنت می کرد؛ تیبو فیل اتوپ[۲۹] در صدد ساختن برج مونتلری[۳۰] بود تا بر حمل و نقل گندم به سوی پاریس نظارت کند. اِتین اوّل (اتین مقدس) تازه به عنوان پادشاه مجارستان تاجگذاری کرده بود، و ولادیمیر اول ملقب به «آفتاب روشن» درسرزمین کی یف سلطنت می کرد. سوین[۳۱] ریش چنگگی دست اندرکار مسیحی کردن دانمارك بود. امپراتوریی که بعدها از تقسیم آن، کشورهای آلمان، سویس، ایتالیای شمالی به‌وجود آمد، امپراتوری مقدس رومی-ژرمنی بود. درسال ۱۰۰۶ هانری دوم بر این سرزمین وسیع سلطنت می کرد.

در این دوره، مدارس دینی، محل علم و دانش بودند. سالنامه‌های دِیرسن سوفی بنوانتو[۳۲] (در ایتالیا) روایت می کند که «در بیست و پنجمین سال آقای ما پاندولف[۳۳] و در نوزدهمین سال آقای ما لاندولف[۳۴]» ستاره‌ای بسیار درخشان ظاهر شد و در پی آن خشکسالی شدید به مدت سه‌ماه طول کشید.

مدرسه دینی سن گال[۳۵] در سویس از مشهورترین مدارس مسیحی آن دوره بود. این مدرسه که در سال ۶۱۴ بنا شده بود، به تازگی تجدید بنا شده و در اوج شهرت خود بود. این مدرسه به بیش از سیصد طلبه که به خاطر شهرت علمی و دینیش در آنجا جمع شده بودند، تعلیم می داد. در سالنامه‌های این مدرسه که تا زمان ما محفوظ مانده روایت

---

28. Hugues Capet 29. Thibault File-Etoupe 30. Tour de Monthlery
31. Sven 32. Sainte-Sophie de Benevento 33. Pandolphe
34. Landolphe 35. Saint-Gall



(★) ستارهٔ پرنور
★ ستاره با نور متوسط
x سارهٔ کم نور

رمل (سال ۱۰۰۶)

نقشهٔ قسمتی از آسمان که اَبَرنواختر سال ۱۰۰۶ میلادی در آن ظاهر شد (با اسامی و صُور فلکی چینی و چند مختصات جدید). محل احتمالی اَبَرنواختر، هاشور خورده است (بازسازی بر مبنای نقشهٔ کلارك و استفانسون).

شده است که درسال ۱۰۰۶ میلادی، ستارهٔ جدیدی با اندازهٔ غیرمعمول و با درخشندگی زیاد و خیره کننده ظاهر شد و موجب وحشت مردم گردید. این ستاره مدت سه ماه از محل مدرسهٔ دینی سنت گال، در حد افق جنوب، از بالای رشته کوههای آلپشتاین[۳۶] که قلهٔ آن سانتیس[۳۷] ۲۵۰۰ متر ارتفاع دارد، قابل رؤیت بود.

ستاره‌ای که در سال ۱۰۰۶ میلادی در همهٔ این کشورها رؤیت شد، پرنورترین اَبَر

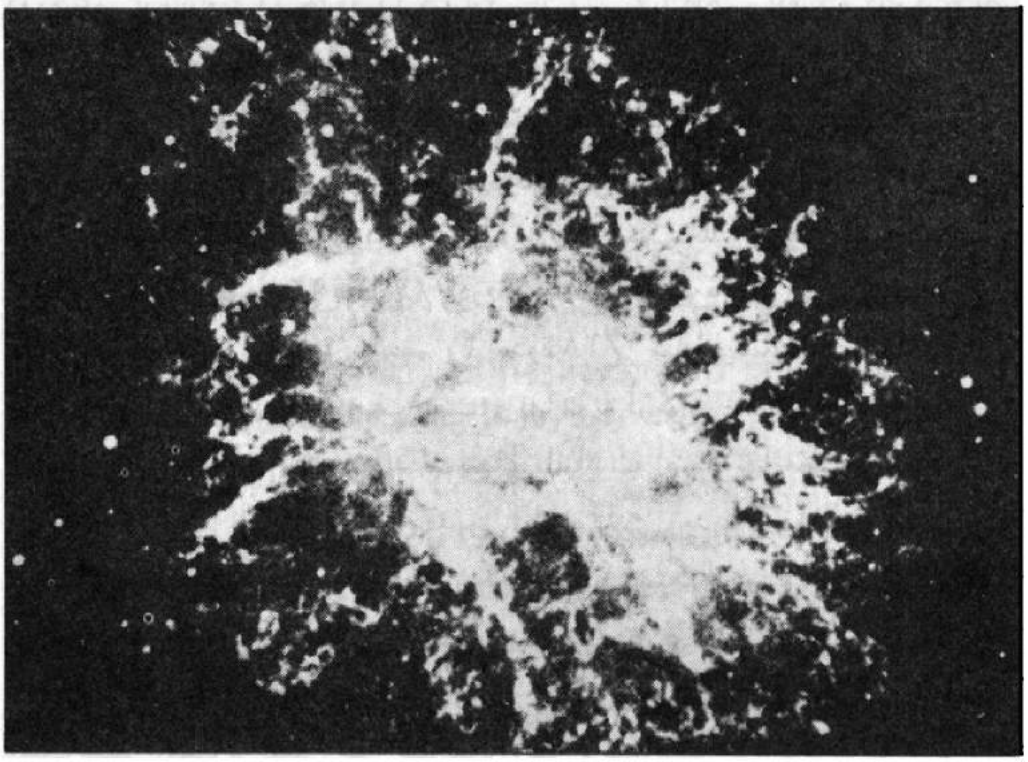
36. Alpstein 37. Säntis

نواختر (Supernovae) کهکشان ماست که رصد آن آثار مکتوبی به‌جا گذاشته است. فاصلهٔ آن از زمین ما در زمان رؤیت، چیزی در حدود ۳۲۰۰ سال نور بوده است. این اَبَرنواختر، درخشنده‌تر از همهٔ اَبَرنواختران رؤیت شدهٔ بعدی بوده است: از اَبَرنواختر سال ۱۰۵۴ (سحابی خرچنگی)، از اَبَرنواختر سال ۱۱۸۰ که فقط در شرق دور رؤیت شد، از اَبَرنواختر سال ۱۵۷۲ که تیکو براهه شرح آن را نگاشته است و اولین کسی است که این پدیده را نواختر (Stella nova) نامیده است؛ و بالاخره درخشنده‌تر از اَبَرنواختر کپلر درسال ۱۰۶۴ و از اَبَرنواختری که به تازگی بر روی نقشه‌ای از آسمان که به سال ۱۶۸۰ ترسیم شده است، یافته‌اند. در طول این هزاره، شش ستاره از این نوع در کهکشان ما رؤیت شده است. در پرتو اندازه‌گیریهای منجمان چینی و ارتفاع بالای افقی که راهبان مدرسهٔ دینی سن گال گزارش داده‌اند، ستاره شناسان انگلیسی، دیوید اچ. کلارك[۳۸] واف ریچارد استفانسون[۳۹] توانسته‌اند مختصات نجومی اَبَرنواختر سال ۱۰۰۶ را در صورت فلکی سبع[۴۰] تعیین کنند.

از سال ۱۹۲۰ اخترشناسان پی برده بودند که برخی از ستاره‌های جدید که در سحابیهای دور رصد کرده‌اند، مثل صورت فلکی امرأة المسلسله[۴۱]، خیلی درخشان‌تر از مجموع سحابی است که این ستاره‌ها جزئی از آن هستند. آنها از این پدیده نتیجه گرفته بودند که این ستاره‌های جدید که در خارج از کهکشان ما ظاهر شده‌اند، از همان نوعی هستند که قبلا اخترشناسان چینی، تیکو براهه یا کپلر مشاهده کرده‌اند. و آنها چیزی جز انفجارهای عظیم نبوده‌اند. اصطلاح اَبَرنواختر را نخستین بار فریتس تسویکی[۴۲] [اختر فیزیکدان امریکایی سویسی تبار] درسال ۱۹۳۱ در درسهایش در انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا به کار برده است. والتر باده[۴۳] و فریتس تسویکی در ۱۹۳۴ نظریه‌ای ابراز کرده‌اند که به موجب آن، این افزایش ناگهانی و قابل ملاحظهٔ درخشندگیِ یك ستارهٔ دوردست، پدیده‌ای از مقولهٔ جدید است. ف. تسویکی جست‌وجوی اَبَرنواختران دوردست را به طور سیستماتیك در برنامهٔ تحقیقاتش گنجانید. امروز صدها مورد از آنها شناخته شده‌اند و هر سال حدوده مورد جدید اعلام می‌شود. تنها یك ستاره که منفجر می‌شود ممکن است درخشنده‌تر از

---

38. David H. Clark 39. F. Richard Stephenson 40. Lupus
41. Andromeda 42. Fritz Zwicky 43. Walter Baade



سحابی خرچنگی باقیمانده از انفجار اَبَرنواختر سال ۱۰۵۴.

کهکشانی باشد که از دهها میلیارد ستاره تشکیل شده است.

عمر زمین و خورشید

سازوکار این انفجار عظیم چیست؟ منشأ انرژی معتنابهی که از آن رها می شود، که نور جزء کوچکی از آن است، از کجاست؟ پاسخ این پرسشها را فیزیك هسته‌ای به ما می دهد.

وقتی که خانواده‌های متفاوت رادیواکتیوهای طبیعی موجود در زمین کاملا مشخص گردید و چگونگی تحولشان در زمان، خوب فهمیده شد، فیزیکدانان هسته‌ای به این فکر افتادند که از رادیو اکتیویتهٔ طبیعی می توان به عنوان یك زمان سنج ژئوفیزیکی برای تعیین سِنّ شکلبندی مواد کانی استفاده کرد؛ چرا که ترکیب کانیها از لحاظ عناصر سنگین و از لحاظ ایزوتوپهای متفاوتشان در طول زمان، پایدار نیست.

دورهٔ عمر توریوم ۲۳۲ حدود ۱۴ میلیارد سال است؛ با کاهش یافتن و گذر از عناصر متفاوت میانی، سرانجام تماماً به ایزوتوپ پایدار سرب مبدل می شود، سرب ۲۰۸؛ دورهٔ عمر اورانیوم ۲۳۸ اندکی کمتر از ۴/۵ میلیارد سال است؛ با کاهش یافتن، سرانجام به یك ایزوتوپ پایدار دیگر سرب، یعنی به سرب ۲۰۶، تبدیل خواهد شد. دورهٔ عمر اورانیوم ۲۳۵ کوتاه‌تر و حدود ۷۰۰ میلیون سال است؛ پس جای شگفتی نیست که نسبت آن به اورانیوم ۲۳۸ فقط ۰/۷ درصد است. اورانیوم ۲۳۵ نهایتاً به سرب ۲۰۷ مبدل خواهد شد. دورهٔ عمر پتاسیم ۴۰ حدود ۱/۲۸ میلیارد سال است؛ نسبت آن در پتاسیم طبیعی فوق العاده ضعیف است؛ و نهایتاً به آرگون ۴۰ پایدار تبدیل می شود. فیزیکدانان هسته‌ای توانسته‌اند نسبتهای انباشت ایزوتوپها مختلف سرب و نیز آرگون ۴۰ را در برخی از سنگهای قدیمی اندازه گیری و بدین وسیله سن آنها را تعیین کنند. می توان تصور کرد که در آغاز شکلبندی این سنگها، دو ایزوتوپ ۲۳۵ و ۲۳۸ اورانیوم تقریباً به یك میزان فراوان بوده‌اند؛ بنابراین، فراوانی نسبی آنها می تواند به عنوان روشی برای تعیین سن زمین به کار آید. روش دیگر اندازه گیری که جدیدتر است مبتنی است بر تعیین عیار سنگهای زمین و شهابسنگها از لحاظ روبیدیوم ۸۷، سترونسیوم ۸۷ و سترونیسوم ۸۶. همهٔ این روشهای تعیین سن، به قرب خطاهای تجربی، با هم همخوانی دارند و عمر تشکیل زمین را حدود ۴/۵ میلیارد سال تعیین می کنند.

زمین ما از خورشید، گرما دریافت می کند اما بخش عمدهٔ آن را در اثر تابش در فضا از دست می‌دهد. بنابراین، اگر مساعدت یك انرژی پایاپای نبود، زمین به مقیاس نجومی نسبتاً سریع‌تر سرد می شد. درقرن گذشته طبیعیدان انگلیسی چارلز داروین[۴۴] خاطر نشان کرده بود که اززمان پیدایش میکروارگانیسمهای سادهٔ ابتدایی تا پدیدآمدن موجود هوشمند، حداقل یك میلیارد سال فاصله بوده است. فیزیکدان انگلیسی لرد کِلوین[۴۵] فکر می کرد که سرد شدن زمین، با آزاد شدن تدریجی انرژی حاصل از انقباض گرانشی کرهٔ زمین می تواند کندتر شود؛ و با این حساب، عمر ۱۰۰ میلیون ساله‌ای برای زمین تعیین می کرد. با این همه، کشف اجسام رادیو آکتیو طبیعی نشان داد که آنجا منبع گرمای خیلی عظیمی وجود دارد که ما را مجبور می سازد در همهٔ نظریه‌های

---

44. Charles Darwin 45. Lord Kelvin

مربوط به تعادل حرارتی کرهٔ زمین تجدیدنظر کنیم. البته، ما فقط نسبت عناصر رادیوآکتیو در کانیهای سطح زمین را واقعاً می شناسیم و دربارهٔ رادیوآکتیو یتهٔ عمق زمین، متکی به مفروضات هستیم. ماری کوری در ۱۹۳۴ از خود می پرسید، آیا زمین به سبب رادیوآکتیو درونیش به آرامی گرمتر نمی شود؟

زمین ما تنها جزء خیلی کوچکی از انرژی تابشی خورشید را دریافت می کند، زیرا در فاصلهٔ ۱۵۰ میلیون کیلومتری آن واقع است و کمی بیشتر از هشت دقیقه طول می کشد تا نور خورشید به ما برسد. انرژی تابشیِ خورشید، عظیم است. این گسیل انرژی ۴/۵ میلیارد سال است که دوام دارد و تقریباً همین مدت هم ادامه خواهد داشت. دانشمندان، پیوسته از خود می پرسیدند که منشأ این انرژی عظیمِ ظاهراً تمام نشدنی چیست. انرژیِ واکنشهای شیمیایی ناکافی بود و انرژی گرانشی با مقیاسهای زمانِ ملحوظ، تطبیق نمی کرد. اخترشناسان وفیزیکدانان، آرثر استنلی ادینگتون[46] انگلیسی، هنری ناریس راسل[47] امریکایی وژان پرَن فرانسوی بودند که در سال ۱۹۱۹ـ۱۹۲۰ نظریه‌ای ابراز کرده‌اند که به موجب آن، تابش ستارگان می توانست منشأ هسته‌ای داشته باشد. در دههٔ ۱۹۳۰ محاسباتی براین مبنا صورت گرفت. سرانجام براساس مطالعات هانس آ. بته از ۱۹۳۹، فردهویل[48] در۱۹۴۶، جورج گاموف در ۱۹۵۰، ج بوربیج[49]، ویلیام فاولر[50] وفردهویل در۱۹۵۷ منشأ واقعی انرژی خورشیدی وانرژی ستارگان برما معلوم شد. جرم خورشید کمی بیش از ۳۰۰٫۰۰۰ برابر جرم زمین است. ترکیب شیمیاییش به کمك اندازه‌های طیف نما مخصوصاً در زمینهٔ نورمرئی، زیر قرمز و فرابنفش شناخته شده است. اکنون ما می دانیم که جرم خورشید از ۷۳٪ هیدروژن، ۲۵٪ هلیوم و ۲٪ عناصر سنگین تر (که اختر فیزیکدانان «فلزات» می نامند) تشکیل شده است. ما خواهیم دید که در برخی شرایط، وقتی درجهٔ دما به اندازهٔ کافی بالاست، واکنشهای هسته‌ای میانِ هسته‌های عناصر تشکیل دهندهٔ خورشید ایجاد می شود و مواد آن به آهستگی می سوزد و در طول زمان مبدل می شود.

اینشتین اصل تعادل میان ماده و انرژی را اثبات کرده است؛ این تعادل درمقیاسهای انسانی، بسیار شگفت انگیز است. فی المثل، اگر یك کیلوگرم ماده تماماً به انرژی

---

46. A. S. Eddington 47. H.N. Russell 48. F. Hoyle 49. G. Burbidge
50. W. Fowler

تبدیل شود ۲۵ میلیارد کیلووات ساعت برق تولید خواهد کرد که برابر است با ۱۰٪ مصرف برق کشور فرانسه در مدت یك سال. یك هستهٔ اتم از پروتونها و نوترونها تشکیل شده است که با ترکیب شدن با یکدیگر اندکی از جرم خود را ازدست می دهند. به عبارت دیگر، جرم هر هسته، از مجموع اجرام پروتونها و نوترونهای سازای آن کمتر است. همان طور که پیشتر گفته شد، این، انرژیِ بستگی یا اتصال هسته است. هستهٔ هلیوم ازدو پروتونِ ودو نوترون، با ساختمانی پایدار، تشکیل شده است؛ انرژیِ بستگیِ هلیومِ ۴ تقریباً ۷/۱۰۰۰ (هفت هزارُم) جِرم کل این هسته است. به نمودار صفحهٔ ۱۷۲ برگردیم که انرژی بستگی نوکلئونِ (پروتونها و نوترونها) هسته‌ها را به تبع جرم اتمیشان ارائه می دهد. این نمودار، واقعیتهای جالبی را بر ما آشکار می کند. پایدارترین هسته‌ها، هسته‌های آهن، نزدیك عدد جرمی ۶۰ هستند. هسته‌های سنگین تر وهسته‌های سبك تر پیوندشان ضعیف تر است، معنای گفته این است که‌وقتی یك هستهٔ سنگین شکافته شود، یا وقتی که دو هستهٔ سبك همجوشی پیداکنند، مقداری انرژی رها می شود. بر روی نمودار، نقاط «پیکی» برای هسته‌هایی که عدد جرمیشان مِضربی از ۴ است مشاهده می شود: هلیومِ ۴، کربنِ ۱۲، اکسیژنِ ۱۶، نئونِ ۲۰، سیلسیومِ ۲۸ نمونه‌هایی از این پدیده‌اند. این هسته‌ها پیوندشان بیشتر از پیوند هسته‌های عناصر مجاورشان است؛ لذا، این هسته‌ها مستعد ایفای نقش مهم تری در واکنشهای هسته‌ای، که درستاره‌ها واقع می شود، هستند. با وصف این، برای آنکه یك واکنش هسته‌ای میان دوهسته، که هر کدام بار الکتریکی مثبت دارند، ایجاد شود، باید بر نیروی رانش که میان بارهای الکتریکی همنام اعمال می گردد غلبه کرد، که دراصطلاح فیزیکدانان دفع کولُنی یا دفع الکتر واستاتیکی نامیده می شود. برای گذشتن از این سد دفع الکتر واستاتیکی، لازم است که دوهسته، یك انرژی اولیهٔ حداقل نسبت به یکدیگر اخذ کنند، که‌ممکن است بر اثر گرم شدن دردرجهٔ دمای به اندازهٔ کافی بالا به دست آید.

بنابراین، واکنشهای هسته‌ای که در ستارگان به‌وقوع می پیوندد سه‌خصلت بنیادی دارند:

ــ واکنشهای همجوشی میان هسته‌های سبك مقدار هنگفتی انرژی رها می کند؛

ــ برای آنکه چنین واکنشی بتواند تحقق پیدا کند، باید درجهٔ دمای هسته‌های واکنشگر به اندازهٔ کافی بالا برده شود، وبه همین مناسبت آنها را **واکنشهای حرارتی-هسته‌ای** (ترمونوکلئر) می نامند.

ــ ارتقای درجهٔ دما از راه بخشی از انرژی گرانشی به دست می آید که در اثر انقباض مادهٔ تشکیل دهندهٔ ستاره رها می شود، بخش دیگر آن صرف تابندگی می شود. این، قانون گرانش عمومی است که نیوتون کشف کرده است.

من قصد ندارم همهٔ واکنشهای هسته‌ای را که در خورشید وقوع می یابند با تفصیل برایتان شرح دهم. دو«چرخه» با هم در رقابتند. نخستین زنجیرهٔ واکنشهای حرارتی-هسته‌ای که فرض شده بود، چرخهٔ کربن است که کارل فردریش فون وایتساکر و هانس آ. بِته مستقلا آن را در ۱۹۳۸ـ۱۹۳۹ کشف کردند؛ کربن در اینجا نقش کاتالیزور را ایفا می کند، بدین صورت که به چهار پروتون امکان می دهد که جمع شوند و یك هستهٔ هلیومِ ۴ را تشکیل دهند. این چرخه که در برخی از ستاره‌ها بسیار مهم است، در خورشید نقش کم اهمیتی ایفا می کند.

زنجیرهٔ پروتون-پروتون که ۹۸٪ انرژی خورشید را ایجاد می کند (به جدول زیر نگاه کنید). این زنجیره را نخست هانس بته و سی. ال. کریچفیلد[51] در ۱۹۳۸ پیشنهاد کردند، سپس در سالهای دههٔ ۱۹۵۰، اختر فیزیکدانانی چون ا. شاتزمان[52] و ویلیام فاولر آن را تکمیل کرده‌اند. این، یك زنجیرهٔ واکنشهای هسته‌ای است که نخستین آنها با همجوشی دوپروتون متناظر است که کُندترین آنهاست، و این، سوختنِ چنین طولانیِ خورشید را تبیین می کند. این واکنش، فی الواقع از یك برهم کنشیِ ضعیف مایه می گیرد، که در رادیو اکتیویتهٔ بتا دیده می شود. مقطع مؤثرش، احتمالش، بیش از یك میلیارد میلیارد بار ضعیف تر از احتمال واکنش هسته‌ای عادیِ سریع است. نوشته می شود:

$$p+p \longrightarrow d+e^{+}+\nu$$

به عبارت دیگر از همجوشی دوپروتون یك هستهٔ دوتریوم (= هیدروژن سنگین) تشکیل می شود و یك الکترون مثبت و یك نوترینو گسیل می گردد. می دانیم که نوترینو نه بار الکتریکی دارد و نه تقریباً جرم، اما برخوردار از انرژی است. به دنبال این واکنش، همجوشیهای دیگری وقوع می یابد که نهایتاً به تشکیل یك هستهٔ هلیوم ۴ می انجامد. فکر می کنند که این مرحله برای ستاره‌ای با جرم خورشید تقریباً ده میلیارد سال طول می کشد.

---

51. C.L. Critchfield 52. E. Schatzamn

	واکنشها	درصد
	$p + p \rightarrow {}^{2}\mathrm{H} + e^{+} + \nu$	(99,75 %)
	ou	
	$p + e^{-} + p \rightarrow {}^{2}\mathrm{H} + \nu$	(0,25 %)
	${}^{2}\mathrm{H} + p \rightarrow {}^{3}\mathrm{He} + \gamma$	(100 %)
I.	${}^{3}\mathrm{He} + {}^{3}\mathrm{He} \rightarrow {}^{4}\mathrm{He} + 2p$	(86 %)
	ou	
II.	${}^{3}\mathrm{He} + {}^{4}\mathrm{He} \rightarrow {}^{7}\mathrm{Be} + \gamma$	
	${}^{7}\mathrm{Be} + e^{-} \rightarrow {}^{7}\mathrm{Li} + \nu$	(14 %)
	${}^{7}\mathrm{Li} + p \rightarrow 2\ {}^{4}\mathrm{He}$	
	ou	
III.	${}^{7}\mathrm{Be} + p \rightarrow {}^{8}\mathrm{B} + \gamma$	
	${}^{8}\mathrm{B} \rightarrow {}^{8}\mathrm{Be}^{*} + e^{+} + \nu$	(0,015 %)
	${}^{8}\mathrm{Be}^{*} \rightarrow 2\ {}^{4}\mathrm{He}$	

واکنشهای حرارتی ـ هسته‌ای در خورشید: زنجیرهٔ پروتون ـ پروتون که هانس بته و سی. ال. کریچفیلد در ۱۹۳۸ پیشنهاد کرده‌اند.

چگونه می توان اطلاعات مستقیمی از آنچه در درون خورشید می گذرد به دست آورد؟ یك سری آزمایشهای اولیه، وجود شارنوترینوهای خورشیدی از یکی از واکنشهای زنجیره‌ای پروتون ـ پروتون را به اثبات رسانیده است. این تجربیات، امروزه دنبال می شوند. روش دیگر مبتنی بر تعیین طول امواج، ارتعاشات صوتی (آکوستیکی) است که از اعماق خورشید می آیند، که می توان آنها را در سطح خورشید مشاهده کرد. این حرکت تلاطمی، با جابه‌جایی به سمت قرمز یا به سمت آبی نوری که سطح متلاطم خورشید گسیل می کند، اندازه گرفته می شود.

دیدیم که در خورشید، اول هیدروژن، سپس هلیوم، فراوان ترین عناصر هستند

[۹۸٪ جرم خورشید از این دو گاز تشکل شده است]. خورشید در تحول دائمی است، عناصر شیمیایی در اثر واکنشهای هسته‌ای به عناصر دیگر مبدّل می شوند. تصور بر این است که این قاعده بر تمامی کیهان صدق می کند، زیرا خورشید ما یك ستارهٔ نسبتاً معمولی در میان ستاره‌های دیگر از همان نوع است.

غول پیکران سرخ، کوتوله‌های سفید...

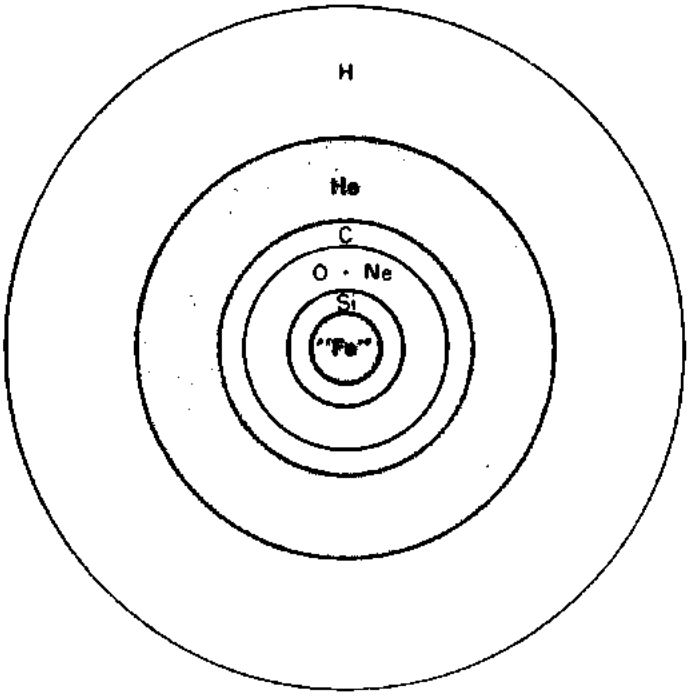
چگونه می شود که برخی از ستاره‌ها ناگهان منفجر می شوند و گاهی تا معادل 10^{51} اِرگ انرژی رها می کنند که به صورت انرژی حرکتی ماده پرتاپ می شود و انرژی همهٔ تابشهای الکترومغناطیسی ظاهر می شود؟ ببخشید که با شما از اِرگ ــ و گاهی از سانتیمتر و از گرم ــ حرف می‌زنم؛ اینها واحدهای اندازه‌گیری هستند که اختر فیزیکدانان به‌کار می برند. یك اِرگ برابر با یك ده‌میلیونیم ژول است. انرژی حاصل از انفجار یك اَبَرنواختر حدود 10^{44} ژول است که برابر است با ۱۰۰ میلیون میلیارد میلیارد میلیارد میلیارد ژول. عدد، آن قدر بزرگ است که به دشواری به فهم درمی آید! اَبَرنواختر معمولی عموماً پس از چند ساعت یا پس از چند روز از حداکثر تابندگی می افتد، آنگاه روشناییش در طول چند ماه گاهی در یك یا دو سال به تدریج کم می شود تا سرانجام محو گردد.

اَبَرنواختر، نتیجهٔ تحولات ستاره‌ای خاص و متناظر با تـوالیِ واکنشهای همجوشی حرارتی-هسته‌ای و دوره‌های کوتاه‌ترِ انقباض گرانشی است. احتراق اول، احتراق هیدروژن است که دیدیم در خورشید، هلیوم می‌دهد. در این مرحله که مدت زیادی طول می کشد، ستاره در حالت تعادل است. انقباض گرانشی با رهایی انرژی هسته‌ای (به صورت ذرات و تابشها) پایاپای می شود. پس از آنکه مقدار هنگفتی هلیوم در درون ستاره انباشته شود، واکنش همجوشی هیدروژن فروکش می کند، تعادل به هم می خورد، درون ستاره به سبب گرانش منقبض می شود، و در نتیجه افزایش دمایی حدود ده برابر به‌بار می آید. همزمان، پوش ستاره که هنوز هیدروژن فراوانی دارد از درون به سوختن ادامه می‌دهد و به مقدار قابل ملاحظه‌ای متسع می شود. در مجموع، آنچه را که یك غول پیکر سرخ می نامند، تشکیل می‌دهد. در این حال، یك واکنش حرارتی-هسته‌ایِ، جدید در درون ستاره ممکن می گردد: واکنش احتراق هلیوم، که

کربن می‌دهد. هستهٔ پایدار جرم پنج یا جرم هشت وجود ندارد و لازم است که سه هستهٔ هلیوم جمع شود تا یك هستهٔ کربن تشکیل گردد. احتمال چنین فرایندی چندان زیاد نیست؛ فِرِد هویل، اخترشناس انگلیسی که سعی می‌کرد تحول غول‌پیکران سرخ را بیان کند، به این نتیجه‌گیری رسید که این واکنش باید از یك حالت برانگیختهٔ کربن ۱۲، که هنوز شناخته نیست و او همهٔ خواص آن را پیشگویی کرده، گذشته باشد. او در سال ۱۹۵۳، ضمن دیدارش با فیزیکدانان آزمایشگاه انستیتو تکنولوژی کالیفرنیا به آنان پیشنهاد کرد که این حالت برانگیخته را شناسایی کنند. چندی نگذشته بود که فیزیکدانان این انستیتو کشف کردند که حالت پیش‌بینی شدهٔ ف. هویل حقیقت دارد. این، یکی از بزرگ‌ترین موفقیتهای تجربی اختر فیزیك هسته‌ای بود.

یك مرحلهٔ پایداری و تعادل، اما کوتاه‌تر از مرحلهٔ همجوشی هیدروژن، آغاز می‌شود. همان فرایندها تکرار می‌شوند: وقتی ذخیرهٔ هلیوم در مرکز ستاره ته کشید، از نو نیروی گرانش غلبه می‌کند. انقباض و بالارفتن دما تجدید می‌شود و این بار، همجوشی هسته‌های کربن به تولید نئون می‌انجامد. کربن، که حالا مادهٔ سوختنی شده است، خاکسترهای نئون برجا می‌گذارد. خاکسترهای هر مرحله مادهٔ سوختنی مرحلهٔ بعدی را تشکیل می‌دهند، منتهی به این شرط که افزایش دمای ناشی از انقباض مرکز ستاره برای مشتعل کردن خاکسترها کافی باشد. مرحله‌های بعدی کوتاه‌تر هستند: درپی همجوشی هسته‌های کربن، واکنشهای همجوشی هسته‌های نئون ایجاد می‌شود که به نوبهٔ خود به تولید اکسیژن می‌انجامد، اکسیژن با احتراق سریع، خاکستر سیلیسیوم برجا می‌گذارد. این عنصر اخیر خیلی زود می‌سوزد، زیرا حالا با درجهٔ دمای چندین میلیارد درجه در مرکز ستاره، همهٔ راهها برای واکنش هموار است. هسته‌های سیلیسیوم با ترکیب شدن، هسته‌های آهن (مخصوصاً آهن ۵۶) و هسته‌های مجاور را تولید می‌کند. ستاره در این مرحله، ساختار «پیاز» را دارد. مرکز آن از آهن تشکیل شده است. پیرامون این مرکز به ترتیب لایه‌های سیلیسیوم، اکسیژن و نئون، کربن، هلیوم و هیدروژن و بقایای پاره‌ای مخلوطها یافت می‌شود. اما فقط ستاره‌های خیلی بزرگ به این مرحله نایل می‌شوند. این ستاره‌های بزرگ هستند که سریع‌تر می‌سوزند و در نتیجه، عمر کوتاه‌تری دارند.

در عوض، خورشید باید در مرحلهٔ همجوشیِ هلیوم توقف کند، زیرا نیروی گرانشی آن برای گذشتن به مرحلهٔ بعدی کافی نخواهد بود. ستاره‌های کوچکی مثل



ساختار پیازی شکل ستارهٔ بزرگ قبل از انفجارش

خورشید، وقتی منابع سوختشان ته کشید به تدریج منقبض می شوند و به صورت آنچه که کوتوله‌های سفید می نامند درمی آیند که تابندگی ضعیفی دارند. در این حالت، انقباض گرانشی با مقاومت الکترونهای اتمها خنثی می شود؛ فی الواقع، وقتی که در مرکز ستاره فشار افزایش می یابد و باعث چگال تر شدن مرکز ستاره می شود، خلأ میان اتمهای مجاور کاهش می یابد و نیروی رانشی (= دفع الکتر واستاتیکی) آنها در برابر یك انقباض گرانشیِ اضافی مقاومت می کند و تعادل جدیدی درپی می آورد.

یك فیزیکدان امریکایی هندی تبار، سوبرهمانیان شاندرازخار[۵۳] ثابت کرده است که این تعادل پایدار نیست مگر اینکه جرم ستاره، کوچك تر از آنچه که امروز **جرم شاندرازخار** می نامند، باشد. هرگاه تعداد الکترونها برابر با نصف تعداد نوکلئونهای اتمهای تشکیل دهندهٔ ستاره باشد، این جرم برابر ۴ و ۱ جرم خورشید است. بزرگ تر از این جرم، الکترونها تاب مقاومتشان را از دست می‌دهند و ستاره دراثر نیروی

53. Subrahmanyan Chandrasekhar

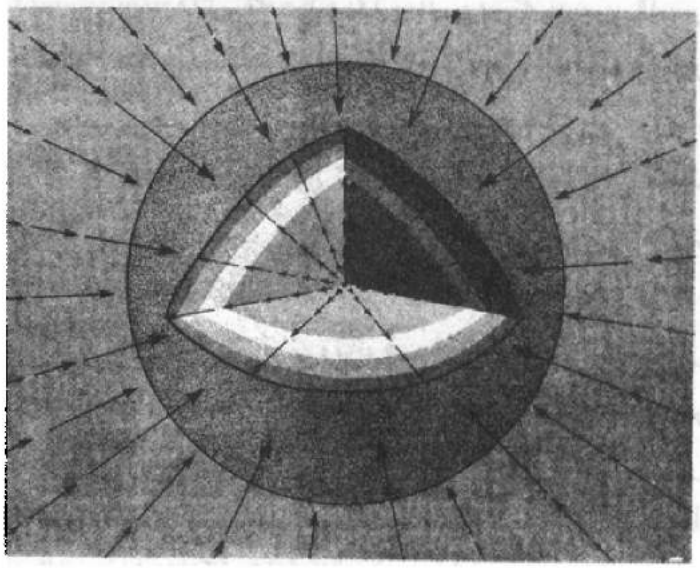
گرانشی خودش فرومی‌ریزد و به یك اَبَرنواختر مبدل می‌شود.

اختر فیزیکدانان، دونوع اَبَرنواختر تشخیص داده‌اند که آنها را نوع ۱ و نوع ۲ نامیده‌اند. در نوع اول، در طیفهای گسیل شده، خط مشخص کنندهٔ هیدروژن دیده نمی‌شود در حالی که در نوع دوم، این خط دیده می‌شود. برمبنای این تمیز، به یقین نمی‌توان دانست که اَبَرنواخترانِ تاریخی، یعنی آنهایی که تا قرن هیجدهم در کهکشان ما مشاهده شده‌اند، به کدام نوع متعلق بودند. با این همه، تصور براین است که اَبَرنواخترانِ تیکو براهه و کپلر از نوع ۱ و ابرنواختران سالهای ۱۰۵۴ و ۱۱۸۱ از نوع ۲، و اَبَرنواختر سال ۱۰۰۶ به یکی از دو نوع متعلق باشد.

یك اَبَرنواختر نوع ۲، از ستاره‌ای خیلی بزرگ (هشت یا ده برابر جرم خورشید) که در تحولی سریع است، نتیجه می‌گردد. در پایان تحوّل، یك چنین ستاره‌ای ساختار پیاز را دارد که شرح آن گذشت؛ این ستاره از پوش عظیم هیدروژن و هلیوم که هنوز در حال سوختن هستند، احاطه شده است؛ «قلب» آن از هسته‌های آهن تشکیل شده است. نظر به پایدار بودن هستهٔ آهن، واکنشهای همجوشی جدیدی در آن صورت نمی‌گیرد. در این مرحله، مرکز ستاره با دمای چند میلیارد درجه‌ای، شعاع چندهزار کیلومتری، نظیر ستارهٔ مریخ، دارد.

وقتی که جرمِ مرکز ستاره که از آهن است از مرز جرم بحرانی شاندرازخار گذشت، یك انقباض نهایی تحقق می‌یابد؛ افزایش انرژی به هسته‌ها امکان می‌دهد که الکترونها را به دام بیندازند؛ براثر کاهش تعداد الکترونها فرایند فروریزی ستاره تسریع می‌گردد. فرایند، آن چنان سریع است که تنها «قلب» ستاره فرومی‌ریزد و «جسم» ستاره فرصت پیروی پیدا نمی‌کند! افزایش جدید دما به خُردشدگی و به تجزیهٔ هسته‌های آهن به ذرات تشکیل دهنده‌اش، پروتونها و نوترونها می‌انجامد. پروتونها با جذب الکترونها به نوترونها تبدیل می‌شوند: $p+e^- \longrightarrow n+\nu$؛ در این رادیواکتیویتهٔ معکوس، مقدار هنگفتی نوترینو گسیل می‌گردد، که بدواً به علت چگال‌تر شدنِ بسیار فراوان مادهٔ مبتلابه، دیگر نمی‌تواند آزادانه فرار کند. تصور براین است که در این بُرهه، یك هسته غول‌آسای مادهٔ هسته‌ای، محتوی قسمتی از جرم ستاره تشکیل می‌شود.

دراین مرحله که به سرعت اتفاق می‌افتد، انقباض نمی‌تواند از حد معینی فراتر رود. در واقع، نوکلئونهای آزاد با یکدیگر در تماس هستند: چگالی، فوق‌العاده

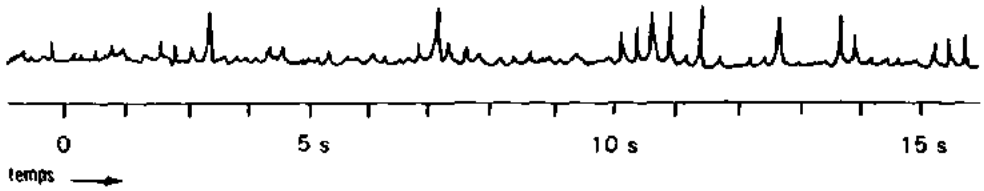


متلاشی شدن، برجهیدن و موج ضربه در یك اَبَرنواختر

بالاست، میدان جاذبهٔ قدرتهای هسته‌ای پشت سر گذاشته شده است؛ در بُرد کوتاه، این قدرتها به نیروی رانشی مبدل می شوند. درپی این نیروی رانشی فوق العاده قوی و به موجب اصل پائولی که در یك اتم، دو پروتون یا دو نوترون نمی توانند از جمیع جهات حالت یکسان داشته باشند (به عبارت دیگر، اعداد کوانتومی آنها تماماً یکسان باشد)، فروریختن مادهٔ هسته‌ای ناگهان متوقف می شود. این مادهٔ هسته‌ای با شدت تمام در چند صدم ثانیه برمی جهد؛ مادهٔ هسته‌ای دراین موقع درمنطقه‌ای بین مرکز ستاره وپیرامون آن، جایی که شدت فروریختن بیشتر ازهر جای دیگر است، با مادهٔ لایه‌های خارجی که در حال «افتادن» به طرف مرکز هستند، برخورد می کند. از این برخورد، موج ضربه‌ای که به سمت خارج انتشار دارد، تشکیل می شود.

این، انفجارستاره است که قسمت بزرگی از ماده‌اش را به اطراف آن پرتاب می کند. در این انفجار، هسته‌ها که با سرعت زیاد «می افتند» کاملا تجزیه شده‌اند و پروتونهای آزادشدهٔ جدید به نوبهٔ خود به سرعت، الکترونها را صید می کنند و مقدار معتنابهی نوترینو تولید می کنند که حالا می توانند ناگهان ازستاره بگریزند. به موجب فرضیهٔ دیگری، این نوترینوها نخست مادهٔ پُرچگالِ پیرامونشان را گرم می کنند، سپس ظرف چند ثانیه از نو گسیل می شوند. درهر دو حالت، شار عظیمی ازنوترینوها

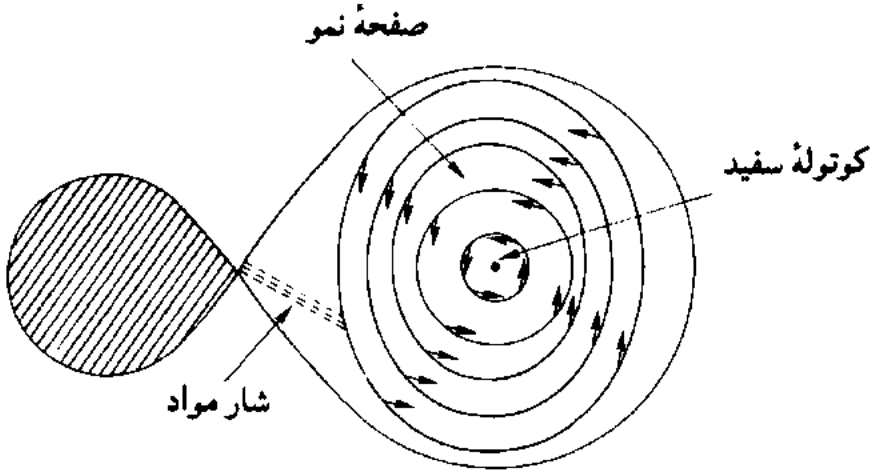
وجود خواهد داشت. ستاره‌ای که میلیونها سال زیسته است، قلبش در یك ثانیه فرومی‌ریزد و بدنه‌اش در چند ساعت فرومی‌پاشد. چنین تصور می‌رود که در مرکز اَبَرنواختر، جرمی از مادهٔ فوق‌العاده پرچگال، بیشتر از ۲×۱۰^{۱۴} گرم بر سانتیمترمکعب، که ۹۵٪ آن از نوترون تشکیل شده است، باقی است. این ستارهٔ نوترونی به قطر چند کیلومتر است که با سرعت زیاد حول محور خودش می‌چرخد. لانداو، فیزیکدان روسی، به‌محض کشف نوترون در ۱۹۳۲، وجود چنین ستاره‌هایی را حدس زده بود. درسطح ستاره‌های نوترونی، قوهٔ ثقل، یکصد میلیارد بار سنگین‌تر از سطح زمین است و انرژیِ بستگیِ یك تکه از ماده تقریباً با یکدهم جرم آن درحال سکون متناظر است! یك چنین ستاره‌ای که میدان مغناطیسی شدیدی آن را احاطه کرده است، به صورت یك تِپ اختر (= پالسار pulsar) مشاهده شده است که ما گسیل امواج رادیویی، نوری یا پرتوهای ایکس آن را می‌بینیم، که تِپ‌هایی[54] با فاصله‌های منظم چندثانیه‌ای یا بخشی از ثانیه تشکیل می‌دهند؛ شبیه تابه‌های نورانی یك فانوس دریایی که زمین را می‌روبد. همچنین فرضیه‌ای را عنوان کرده‌اند که به موجب آن اگر ستارهٔ مرجع خیلی بزرگ باشد، فروریزیِ گرانشی ممکن است نهایتاً به یك **سیاهچاله**[55] منتهی گردد، که همهٔ ماده و همهٔ تابش در حجم کوچکی جذب می‌شود بدون آنکه بتواند از آن خارج شود.



تابش رادیویی یك تپ اختر ۹۵۰. cp که هر ثانیه ۴ تپ گسیل می‌کند.

اَبَرنواختران نوع ۱، در اصل ستاره‌های متوسطِ پایین با جرمی حدود هشت برابرِ خورشید بوده‌اند. چندین سازوکار، از جمله سازوکاری که شرح آن گذشت، پیشنهاد شده است. در آغاز، یك کوتولهٔ سفید که به مرکز خود از کربن و اکسیژن تقلیل یافته است، مشاهده می‌شود، زیرا بادهای ستاره‌ایِ خیلی شدید، هیدروژن و هلیومِ

54. pulse 55. black hole/trou noir



نموّ در درون یك دستگاه مزدوج ستارهٔ دوتایی که به یك اَبَرنواختر نوع ۱ منتهی می‌شود. گاز حاصل از ستارهٔ سمت چپ به سوی کوتولهٔ سفید در مرکز سمت راست جریان می‌یابد.

لایه‌های بیرونی را پراکنده کرده‌اند. جرم این کوتولهٔ سفید، کمتر از جرم بحرانی شاندرازخار است. با وصف این، بسیاری از ستارگان، درواقع، ستارگان مزدوج هستند. برخی از این ستارگان مزدوج از یك کوتولهٔ سفید و یك ستارهٔ خیلی جوان که هنوز در مرحلهٔ احتراق هیدروژن یا هلیوم است، تشکیل شده‌اند. این ستارهٔ دوم می‌تواند به یك غول‌پیکر سرخ مبدل شود، زیرا پوش هیدرژونِ در حال احتراق به طور قابل ملاحظه‌ای متسع می‌شود. میدان گرانشیِ کوتولهٔ سفید در یك چنین دستگاه مزدوجی می‌تواند مواد ستارهٔ همراهش را جذب کند، که کم‌کم آن را می‌پوشاند؛ جرمش افزایش می‌یابد و این در حالی است که سوختن هیدروژن وهلیوم در این مرحلهٔ انتقالی وافزایش جرم، همچنان ادامه دارد. دراین فرایند نموّ، ممکن است جرم در لحظه‌ای از حد جرم بحرانی شاندرازخار بگذرد؛ در این موقع، انقباض، بالا رفتن درجهٔ دما و اشتعالِ واکنشِ همجوشیِ کربن پدید می‌آید؛ این همجوشی هسته‌های کربن، یا به احتراق می‌انجامد یا به انفجار همراه با انهدام ستاره و پراکندگی کامل مادهٔ آن.

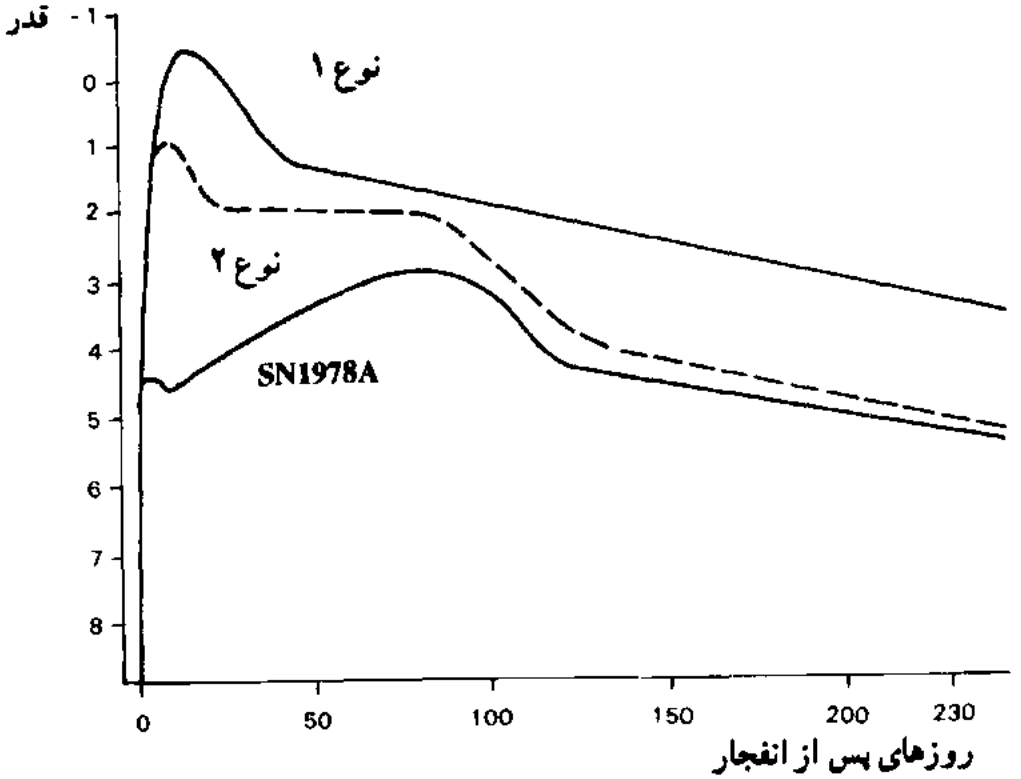
منحنی نور یك اَبَرنواختر از نوع ۱ مشخص است. افزایش اولیهٔ تابندگی تا چند روز ادامه دارد، سپس، طی دو دوره، رو به کاهش می‌گذارد: دورهٔ اول شش روز و دورهٔ دوم که طولانی‌تر است ۷۷ روز طول می‌کشد. تصور بر این است که این تحولِ تابشِ گسیل شده با تشکیل مقدار هنگفت هسته‌های آهن ۵۶ محصول رادیو اکتیویتهٔ کبالت

۵۶ است که خود آن، محصول رادیواکتیویتهٔ نیکل ۵۶ است که در انفجار (در مقیاس جرم خورشیدی) تشکیل شده است.

به هنگام انفجار یك اَبَر نواختر، از هر نوعی که باشد، بخار عظیمی از تابشها و ذرات پرانرژی، به صورت طیفی که در همهٔ واکنشهای هسته‌ای پدید می آید، گسیل می گردد. وانگهی، پراکندگی مکانیکی مادهٔ تشکیل دهندهٔ ستاره، آن را با سرعتی معادل چندهزار کیلومتر در ثانیه در فضا پرتاب می کند. جرم پرتاب شده، سحابیِ نورانیِ عظیمی را تشکیل خواهد داد، که در اطرافِ آنچه که از ستاره باقی مانده است، بسط می یابد. این پراکندگیِ ماده را می توان حتی چند قرن بعد از زمان انفجار به صورت بقایا مشاهده کرد، نظیر سحابی خرچنگ که از بقایای انفجار اَبَر نواختر سال ۱۰۵۴ است. سعی شده است که بقایای اَبَر نواختران مختلف «تاریخیِ» کهکشان ما شناسایی شود. به گمان دیوید کلارك و ریچارد استفانسون، بقایای ابر نواختر سال ۱۰۰۶ باید پرتوزای G۳۲۷۶+۱۴/۵ باشد. برهم‌کنشیِ این مادهٔ بازمانده با مادهٔ بین ستاره‌ای، فوتونهایی با همهٔ طول موجها تولید می کند، از امواج رادیویی تا پرتوهای ایکس که می کوشند با مشاهدات زمینی و برمبنای نمونه‌های فضایی با دقت تمام آنها را اندازه‌گیری کنند.

با وجود این، بسیاری از مسائل هنوز حل نشده بود. البته فیزیکدانان می توانستند انرژی عظیمی را که در اثر فروریزیِ گرانشیِ ابرنواختران آزاد می شود تخمین بزنند، اما فقط بخش کوچکی از این انرژی در مجموعِ تابشهای الکترومغناطیسی و پرتابهای موادِ مشاهده شده، بازیافته می شد. فرایندهای محاسبه‌شده همگی تقارن کروی هستند، اما بقایای مشاهده‌شدهٔ اَبَر نواختران در واقعیت، شدیداً نامتقارنند؛ موضوعی که هنوز نمی توانند توضیح دهند. بنابراین، سازوکارهای دیگری باید دخیل باشد.

درسالهای اخیر، طبقه‌بندی اَبَر نواختران را به نوع ۱ و نوع ۲ بسیار ساده می یافتند. چند ستاره‌ای که به تازگی ظاهر شده بودند در این طبقه‌بندی جا نمی گرفتند. خط هیدروژن، وجود پوشی را مشخص می کند، اما معلوم نیست این پوش که هیدروژنِ آن در حال سوختن است، با فرایند انفجاری همراه است یا نه؛ فرایندی که امکان دارد نتیجهٔ فروریزی گرانشی باشد یا شکلی از انفجار حرارتی ــ هسته‌ای. این مسئله باعث شده‌است که انواع اَبَر نواختران «دورگه» که منحنیهای نور متفاوتی دارند



تابندگی اَبَرنواختران نوع ۱ و نوع ۲ برحسب زمان (صفر معرف لحظهٔ انفجار است). در مقایسهٔ تابندگی ابرنواختر ۱۹۸۷ برحسب زمان.

پذیرفته شود. شمار زیادی از اختر فیزیکدانان امریکایی، فرانسوی، آلمانی، ژاپنی وشوروی بویژه محاسبه‌های نظری پیشرفته‌ای را در این مسائل انجام داده‌اند.

غول پیکران آبی: اَبَرنواختر ۱۹۸۷

در ساعات اولیهٔ بامداد روز ۲۴ فوریهٔ ۱۹۸۷ در رصدخانهٔ لاس کامپاناس[۵۶] در شیلی، اخترشناس کانادایی یان شِلتون[۵۷] ازدانشگاه تورنتو، مشغول عکسبرداری از قسمت کوچکی از آسمان در «سحابیِ بزرگ ماژلان» بود. این سحابی به زائدهٔ کوچکی از راه شیری ــ کهکشان ماــ شبیه است. در واقع، این سحابی، خود یك

56. Las Campanas 57. Ian Shelton

کهکشان کوچك و از اقمار کهکشان ماست و به روایت آنتونیو پیگافتا[58] وقایع نگار ایتالیایی عضو هیئت اعزامی، نخستین بار دریانورد پرتغالی فردیناند دو ماژلان[59] ضمن سفر دور دنیای خود در ۱۵۱۹ـ۱۹۲۱ آن را در نیمکرهٔ جنوبی مشاهده کرده است.

اخترشناس کانادایی با تلسکوپ کوچکی که ۷۰ سال پیش ساخته شده بود سحابی ماژلان را برای رصدخانهٔ مونت ویلسون[60] در کالیفرنیا به طور منظم مطالعه می‌کرد. اکسپوزیسیون فیلم عکاسی حدود سه ساعت طول می‌کشید. پس از ظاهر کردن فیلم، شِلتون شگفت‌زده ستارهٔ پرنوری با قدر ۵ در آن مشاهده کرد که در عکسهای برداشته شده در روزهای قبل وجود نداشت. این، جز یك ابرنواختر، چیز دیگری نمی‌توانست باشد. چند روز پیشتر از آن اسکار دوهالد[61] دستیار رصدخانه که در پشت‌بام گنبدیِ رصدخانه، آسمان را نگاه می‌کرد با چشم غیرمسلح ستارهٔ ناشناسی را دیده بود.

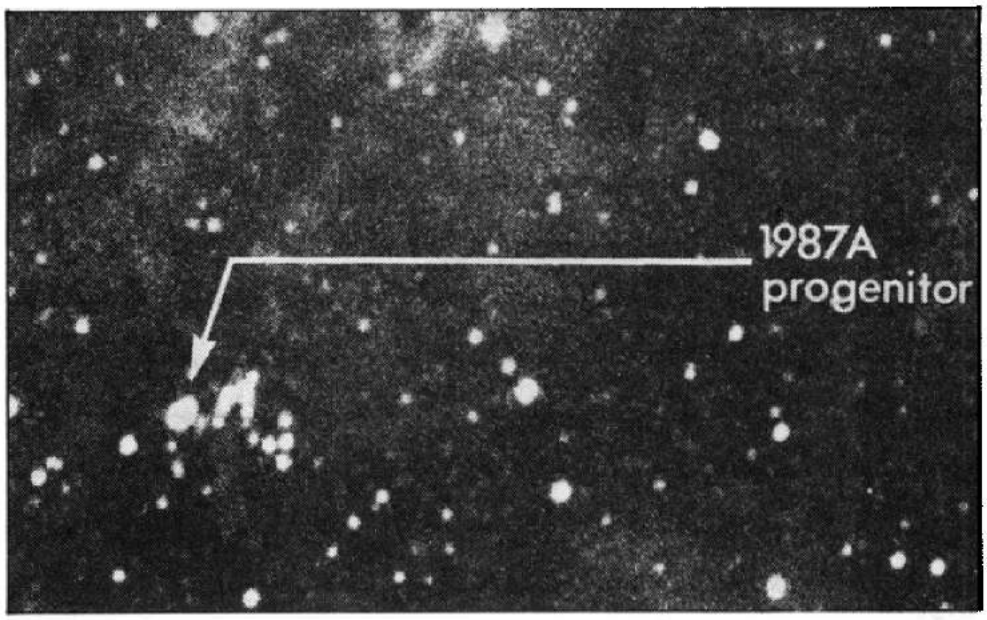
در فاصلهٔ چندهزار کیلومتری از آنجا، در زلاند نو، یك اخترشناس دیگر، آلبرت جونز[62] کارشناس ستاره‌های متغیرِ در حال گردش، ستارهٔ جدید را مشاهده کرد. او بلافاصله یکی از دوستانش را که در رصدخانهٔ مشترك انگلیس و استرالیا در ایالت ویلز جدید جنوب[63] کار می‌کرد، در جریان مشاهده‌اش گذاشت.

از چهار قرن به این طرف، این اولین ابرنواختر نزدیك به ما بود که با چشم غیرمسلح دیده می‌شد و فاصله‌اش از زمین ۱۷۰۰۰۰ سال نور بود! اتحادیهٔ بین‌المللی اخترشناسی بلافاصله با ارسال تلگرامی خبر را به دنیا اعلام کرد و طبق سنت، ستارهٔ جدید را اس. ان. ۱۹۸۷ آ. (SN 1978A) نامید.

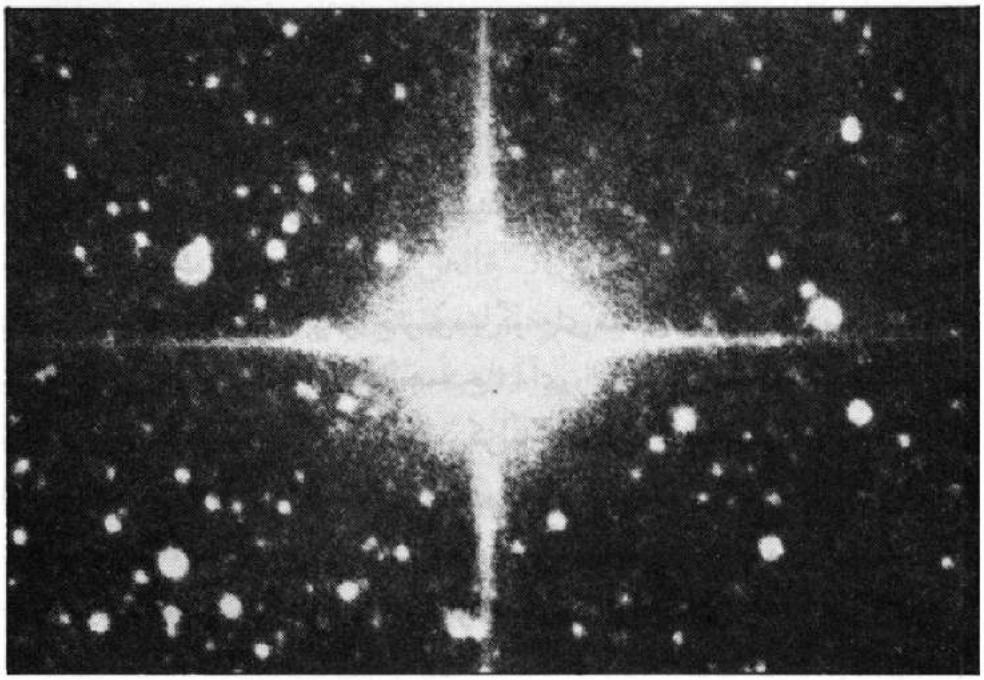
همهٔ تلسکوپهای آمادهٔ نیمکرهٔ جنوبی در راستای ستارهٔ مهمان که به تازگی ظاهر شده بود هدایت شدند. درکمتر از ۱۴ ساعت پس از نخستین رصد، قمر اکتشافی بین‌المللی در قسمت فرابنفش، نخستین طیفهای موج کوتاه را دریافت می‌کرد. باید زوددست به کار می‌شدند، زیرا در این قسمت طیف، پرتوها به سرعت کاهش می‌یافت:

---

58. Antonio Pigafetta 59. Ferdinand de Magellan 60. mont Wilson
61. Oscar Duhald 62. Albert Jones 63. New South Wales



قسمتی از سحابی ماژلان که در ۱۹۷۷ عکسبرداری شده است. ستارهٔ منشأ ابرنواختر در آن با فلش مشخص شده است (عکس از: European Southern Observatory)



عکس ابرنواختر ۱۹۸۷ در سحابی ماژلان روز ۲۶ فوریه درساعت یك و بیست و پنج دقیقه بامداد. صلیب، نتیجهٔ شکست نور است. (عکس از .E.S.O)

اَبَر نواختر با زمان، رنگ عوض می کرد. طیفها در همهٔ طول موجها اندازه گیری شدند. گسیل شدید خطِ معرف هیدروژن مشاهده شد که دلالت می کرد اَبَر نواختر از نوع ۲ است.

سعی کردند ستارهٔ مبدائی را که منفجر شده بود مشخص کنند؛ پس از مناظره‌ای داغ و تحلیل دقیق عکسهایی که در اختیار بود، به این نتیجه رسیدند که ستارهٔ مبدأ باید یك غول پیکر آبی باشد که به مشخصات Sk ۶۹°۲۰۲ در کاتالوگی که اختر فیزیکدان امریکایی نیکولاس ساندالیك[۶۴] تنظیم کرده، ثبت شده است. غول پیکران آبی احتمالا از تحول برخی از غول پیکران سرخ به بار می آیند که تا آن وقت به عنوان تنها مبداء هایی شناخته می شد که بتوانند اَبَر نواختری از این نوع را به وجود آورند. دمای واقعی یك چنین غول پیکر آبی ۱۲۰۰۰ درجه کِلوین[۶۵] است. شعاع آن ــ کوچکتر از شعاع یك غول پیکر سرخ ــ ظاهراً حدود یك سوم شعاع مدار عطارد بود. جرم آن بین ۱۳ تا ۲۰ برابر جرم خورشید می توانست باشد. تابندگی اَبَر نواختر ۱۹۸۷ آ. به طرزی بی سابقه برحسب زمان تغییر کرده است. پس از افزایش و کاهش سریع روزهای اول، تابندگیش به مدت ۸۰ روز منظماً افزایش یافت تا حداکثر به حدود قدر ۳ رسید، و سپس، با دورهٔ ۷۷ روزهٔ کبالت ۵۶ کاهش یافت. افزایش تابندگی تا ماه مه (۱۹۸۷) می توانست توأماً اثر تابشی که از درون ستاره می آید و نیز اثر کاهش تدریجی کدری موادی که آن را احاطه می کند، باشد. با وصف این، تابندگی حداکثر که اَبَر نواختر ۱۹۸۷ در اواخر مه به آن رسیده بود، ضعیف تر از تابندگی حداکثر یك اَبَر نواختر کلاسیك از نوع ۲ بود.

آیا این، نوع جدیدی از اَبَر نواختر بود یا گونه‌ای متفاوت از یکی از دو نوع شناخته شده؟ اختر فیزیکدانان، بررسیهای همه جانبه‌ای را برای توضیح خصوصیّات رصد شده آغاز کردند. هنوز قسمت بزرگی از مرکز اَبَر نواختر، زیر پوششی از انواع گازهای مشتعل و خاکسترهایی که با سرعت چندین هزار کیلومتر درثانیه پرتاب می شدند، مستور بود.

با این همه، ذراتی وجود دارد که می توانند از مقدار هنگفتی ماده عبور کنند. مثلا

---

64. Nicholas Sanduleak

۶۵. درجهٔ کلوین یا مطلق برابر است با درجهٔ سانتیگراد به اضافه عدد ۲۷۳. ــ م.

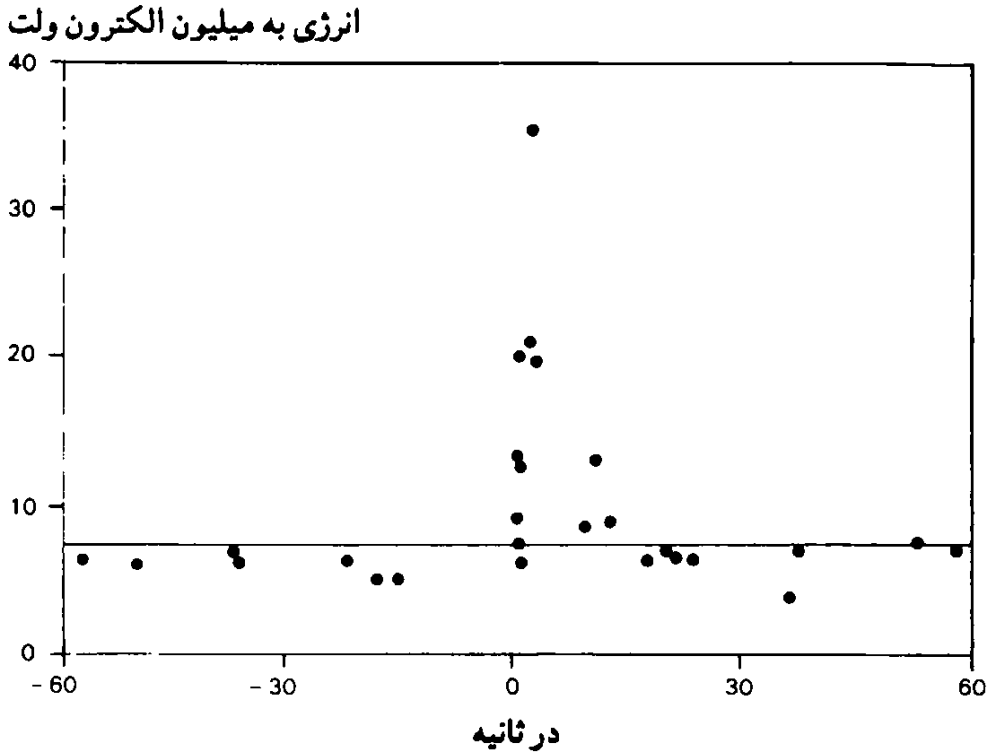
نوترینوها که جرم زمین برای عبورشان عملا مانعی نامرئی است. از طرف دیگر، گروههای فیزیکدانان که در کمین یك فروپاشی احتمالی پروتون نشسته بودند و بدین منظور آشکارسازهای عظیم ساخته بودند، می توانستند وجود این ذرات تقریباً بدون جرم اما پرانرژی را آشکار کنند. چندین گروه تحقیقاتی، در چند صد متری عمق زمین، به منظور اجتناب از اثر تابشهای انگلی، با مراقبت دائمی مشغول ضبط همهٔ رویدادهای جالب برروی نوارهای مغناطیسی بودند. در لحظهٔ انفجارِ ابرنواختر ۱۹۸۷ آ.، چهار گروه تحقیقاتی، همگی در نیمکرهٔ شمالی، آمادگی لازم برای مشاهدات را داشتند: یك گروه در ژاپن در کامیوکاند ۲[۶۶]، گروه مشترك امریکایی ایروین ـمیشگان ـبروکهاوِن[۶۷] در عمق یك معدن نمك در کلیولند، یك گروه از فیزیکدانان تورینو (ایتالیا) و مسکو دررصدخانهٔ زیرزمینی درزیر قلهٔ مون بلان و یك گروه دیگر در باکسان اتحاد جماهیر شوروی.

به محض اعلان رصد نوری ازسوی اتحادیهٔ بین المللی اخترشناسی، فیزیکدانانِ ذرات، لازم دیدند نوارهای مغناطیسشان را که در ساعات پیش از عکسبرداری یان شلتون ضبط شده بود در این راستا تفسیر کنند. گروههای ژاپنی و امریکایی به نتایجی که همخوانی داشت، رسیدند. آنها برای روز ۲۳ فوریهٔ ۱۹۸۷، ساعت ۷و۳۵ دقیقه به وقت جهانی، چند ساعت پیش از آغاز رصد اپتیکی وجود تِپ (پالس) نوترینوها را ثابت کردند؛ برای ژاپنیها این تپ شامل ۱۱ رویداد در ۱۳ ثانیه بود که ۹ رویداد اول آن فقط در ۲ ثانیه اتفاق افتاده بود، برای امریکاییان ۸ رویداد در ۶ ثانیه: مرکز آشکارسازها شامل چندین هزار تن آب خالص بود که صدها تکثیر کنندهٔ نور متوجه آن بود. همان طور که قبلا گفتیم نوترینوها برهمکنشی کمی بر ماده دارند؛ بندرت یکی از آنها با برهمکنشی (از طریق رادیوآکتیویتهٔ معکوس) الکترون مثبت یا (از طریق پخشیدگی) الکترون منفی می دهد، و این فرایند با دستگاه تکثیر کننده های نور، ضبط می شود. سخنگوی گروه تحقیقاتی امریکایی، فردریك رینز[۶۸] ــ همان کسی که ۳۰ سال پیشتر همراه با جورج کوان[۶۹] برای نخستین بار نوترینوها را آشکار ساخته بود ــ اعلام کرد: «۱۷۰۰۰۰ سال پس از انفجار، ۳۰ میلیون میلیارد نوترینو از حجم

---

66. Kamiokande II 67. Irvine -Michigan - Brookhaven

68. Frederck Reines 69. George Cowan



نوترینوهای آشکارشده به توسط آشکارساز کامیوکاند ۲. در محور عرض دستگاه مختصات، انرژی نوترینو، و در محور طول، زمان برحسب ثانیه، قبل و بعد از انفجار (زمان صفر، لحظهٔ انفجار). خط پایه، متناظر با آستانهٔ انرژی حبس شده است. (برمبنای ترسیم آ. ك. مان، گروه تحقیقاتی کامیوکاند، مجلهٔ *Physics - Today*، شمارهٔ اوت ۱۹۸۷).

آشکارساز ما عبور کرده‌اند و تنها ۸ عدد از آنها به دام افتاده‌اند.»

جا دارد خاطر نشان کنیم که مدت خیلی کوتاهِ دوتِپ نوترینو که در آشکارسازهای کلیوْلندو کامیوکاند آشکار شد، امکان دارد که بر مبنای سنجش انرژی، جرم نوترینو در حد بالایی معادل ۲۰ الکترون-ولت تعیین گردد. پژوهشگران شوروی در باکسان، ۵ رویداد دیده‌اند که با مشاهدهٔ گروههای تحقیقاتی پیشین همخوانی دارد. پژوهشگران مستقر درمون بلان، ۵ رویداد مشاهده کرده‌اند که زمان آنها، به دلیلی که هنوز روشن نشده است، چند ساعت قبل از مشاهدات گروههای دیگر است.

محاسبهٔ انرژی گرانشیِ رهاشده ازمرکز ستاره‌ای که ۱/۴ جرم خورشید را دارد، و فرومی‌ریزد تا ستاره‌ای نوترونی به شعاع ۱۰ کیلومتر تشکیل دهد، حدود ۳×۱۰^{۵۳}

اِرگ است. مجموع بازیافت انرژی، چه به شکل انرژی حرکتی که از پرتاب مواد بر اثر انفجار ایجاد می شود و چه انرژیهایی که از تابشهای گوناگون الکترومغناطیسیِ ابرنواختر گسیل می شود، تقریباً برابر $۱۰^{۵۱}$ اِرگ است. اختر فیزیکدانان انتظار داشتند که ۹۹٪ انرژی به شکل نوترینو گسیل شود. باری از محاسبه‌ای که بر اساس تعداد نوترینوهای آشکارشده، و با احتساب انرژیشان و کارآیی آشکارسازی همهٔ انواع نوترینوهایی که می توانند در همهٔ جهات گسیل شوند، کل انرژی نوترینوها به رقم ۳×۱۰^{۵۳} اِرگ می‌رسد با احتساب همهٔ مفروضات مسئله، این همخوانیِ نتایج محاسبات، بیشتر به معجزه شبیه است:

مادهٔ پرتاب شده بر اثر انفجار به تدریج که در فضا پراکنده می شود ضخامتش کاهش می یابد و در نتیجه برای تابشهای گوناگون، شفاف تر می شود؛ سرانجام آنچه از اَبَرنواختر باقی می‌ماند، یك ستارهٔ نوترونیِ محتمل در مرکزش است که آن را با واسطهٔ یك تپ اختر (پالسار) بر ما فاش می کند. ابرنواختر ۱۹۸۷ آ. تاکنون یکی از اسرارش را برما فاش کرده است: به کمك یك ماهوارهٔ امریکایی، فیزیکدانان گمان می کنند که بر روی طیف نگار، خطوط پرتوگاما را که مشخص کنندهٔ رادیوآکتیویتهٔ کوبالت ۵۶ است، که خود آن شاهد مستقیمی بر تشکیل آهن ۵۶ در اثر سنتز هسته‌ای ستاره‌ای است، مشاهده کرده‌اند. طیف سنجیِ زیر قرمز، این نتایج را تأیید می کند. می‌دانیم که کوبالت ۵۶ از کاهش رادیواکتیوِ نیکل ۵۶ به دست می آید. مقدار نیکل ۵۶ که به هنگام انفجار اَبَرنواختر در حد فاصل مرکز آهن و لایهٔ سیلیسیوم تشکیل شده است، حدود هفت صدم جرم خورشید برآورد شده است؛ چیزی که منحنی نور اندازه گیری شده را تبیین می کرد. تحقیقات دربارهٔ ابرنواختر ۱۹۸۷ هنوز سالها ادامه خواهد یافت.

بنابراین، تحول ستارگان و انفجار اَبَرنواختران، سازوکارهای بسیار نیرومندِ تشکیل عناصر سنگین بر مبنای عناصر سبك‌ترند. به یك اعتبار می توان گفت که ابرنواختران، نوعی کوره‌های تشکیل هسته‌های سنگین هستند که انفجار، بعداً آنها را چونان بذرافشانی در کهکشانهایشان درفضا پراکنده خواهد کرد. آهن، گلبولهای

قرمزما، یا آهنی که در کارخانه‌های فولادسازی ما تولید می شود، همه ازابر نواختر انی فراهم می آیند که پیش از تشکیل زمین و منظومهٔ شمسی منفجر شده‌اند.

با دقتی فزاینده، بسامد نسبی عناصر و ایزوتوپهای مختلف هر عنصر را درمنظومهٔ شمسی، از جمله درشهابسنگهایی که هرچند وقت به زمین ما اصابت می کنند، تعیین کرده‌اند. همچنین اندازه گیریهایی هم ازطیف ستارگان دوردست به عمل آمده است و گاه ازمنحنی کیهانیِ بسامد عناصر سخن گفته می شود، که البته منظور، اشیای قابل مشاهده‌ای هستند که واقعاً قابل اندازه‌گیری بوده‌اند و درپاره‌ای موارد تفاوتهای معناداری به اثبات رسیده است. این منحنی، ما را از چگونگی سنتز هسته‌ای، یعنی از شکلبندی و تحول عناصری که جهان پیرامون ما را تشکیل می‌دهد، آگاه می کند.

دانشمندان فکر می کنند که در آغاز کیهان انفجاری عظیم که بیگ بنگ (big-bang) نامیده می شود، به وقوع پیوسته است، و از آن انفجار، هیدروژن، هلیوم و شاید قسمتی از لیتیوم، تشکیل شده است. عناصر دیگر، همان‌طور که دیدیم، چون پیوستاری از انفجار انواع مختلف ستارگان به بارآمده‌اند؛ برخی از این عناصر به طرزی ناگهانی در ضمن انفجارهای اَبَرنواختران ایجاد شده‌اند. تشکیل عناصر سنگین‌تر از آهن تا اورانیوم را جز بدین صورت نمی‌توان تصور کرد. فرایندهای گوناگون و کمابیش پیچیده‌ای پیشنهاد شده‌اند ومیان پیشگوییهای نظری ونتایجی که درمشاهدات به‌دست آمده‌اند، توافقهای شگفت انگیزی دیده شده است. مثلا، عناصر سنگین‌تر از بیسموت، ناپایدارند، و تا توریوم عمر نسبتاً کوتاهی دارند و لذا نتوانسته‌اند اززمان تشکیل منظومهٔ شمسی تا به امروزدوام بیاورند. حضور هسته‌های توریوم و اورانیوم در حال حاضر تنها با واسطهٔ جذب ناگهانی و تقریباً همزمان تعداد زیادی نوترون که درانفجارهای ابرنواختران تولیدمی شودونیزباتوالی فروپاشیهای رادیواکتیو تبیین می شود.

ازاین تعریفِ شکلبندی عناصر می توان نتیجه گرفت که مادّهٔ کهکشان ما به تدریج از لحاظ عناصرِ سنگین‌تر از هلیوم غنی‌تر می شود. مادهٔ پراکنده در فضا می تواند در برخی شرایط براثر گرانش ازنو به صورت ستاره‌هایی متراکم ومنقبض گردد، وبدین ترتیب از ستاره‌ای نسلهای متوالی به‌وجود آید. خورشید ما به موجب ترکیبش ستاره‌ای ازنسل دوم یا سوم است. باوصف این، پدیده‌های زیادی مانده است که هنوز باید روشن شوند.

تابش کیهانیِ اوّل (پیش از آنکه با جوّ برهمکنشی داشته باشد چنین نامیده می شود) دو مؤلفه دارد: یکی با منشأ خورشیدی و دیگری پر انرژی تر، که قسمت عمدهٔ آن از انفجار اَبَرنواختران فراهم می آید.

از برهمکنشی این تابشهای پرانرژی با هسته‌های مادهٔ بین ستاره‌ای که با آنها برخورد می کنند، چند عنصر بویژه لیتیوم ۶، بریلیوم و بور (خیلی کمیاب) که در کیهان مشاهده می شود، به بار می آید. معمولا گفته می شود که فضای بین ستاره‌ای، خلأ است، اما خلأ هیچ وقت کامل نیست. چگالی مادهٔ بین ستاره‌ای، فوق العاده ضعیف است (حدود ۰/۱ ذره در هر سانتیمتر مکعب)، اما مسیری که پرتوهای کیهانی در کهکشان طی می کنند بسیار طولانی است (آنها پس از طی چندین ده میلیارد میلیارد کیلومتر، یعنی بیش از ده برابر قطر کهکشان ما و دریافت شوکهای پی درپی و عبور از میدانهای مغناطیسی به‌ما می رسند).

مادهٔ زنده در تحول دائمی است. این تحول، نتیجه توالی پیوستهٔ تبدّلاتی (موتاسیون) است که در پی انتخابهای طبیعی صورت می گیرد. علتهای تبدّل، متعدد است. یکی از این علتها، اثرات تابشهای یونندهٔ طبیعی است که با آزاد کردن انرژی درسطح مولکولی، زنجیره‌های مولکولهای زیست شناختی را می شکند و مبدّل می کند. پرتوهای کیهانی قسمتی از این تابشهای یونندهٔ طبیعی هستند که تمامی زندگی تحت تأثیر آن است. لذا، این پرسش مطرح است که کدامین بخش ــ شاید روی هم رفته ضعیف ــ از تبدّلات گذشته، حاصل تابشهای کیهانی است که از ابرنواختران گسیل شده است.

پس از لحظه‌ای سکوت، همهمهٔ شادی و شگفتی درهم آمیخت. گفت‌وگوهای چند نفره سر گرفت، و جوانان پرسشهای زیادی مطرح کردند، پاسخ برخی از آنها ساده و کوتاه، برخی دیگر پیچیده و مفصل بود. در طول هفته، میان دو گروه ما احساس همدلی قوّت گرفته بود. آدرسها مبادله شد و قرار گذاشتیم برای هم نامه بنویسیم. شب از نیمه گذشته بود که سالن کنفرانس را به قصد رفتن به کلبه‌هایمان ترك کردیم.

بیرون، همه چیز زیر پوشش برف، آرام بود. این آرامش، جنب‌وجوشی را که

وجودش محل تردید نبود، پنهان می کرد. یکی از ما نجواکنان گفت: همه چیز حرکت است، خواه در بی نهایت کوچك، خواه در بی نهایت بزرگ.

امشب آخرین شب ما در دهکدهٔ استبو بود. بی اختیار نگاهها به سوی آسمان روانه شد. ستاره‌ها در شبِ یخبندان می درخشیدند. شاید هزاران سال پیش در یکی از این ستاره‌ها دوردست انفجاری صورت گرفته باشد. ذرات و دانه‌های نوری که اینك بر آن گواهی می‌دهند، پس از یك سال، پس از یك قرن یا پس از ده هزار سال است که به ما می رسند...

ضمایم

۱. چند زندگینامهٔ مختصر

آلبرتوس ماگنوس ملقب به آلبرت کبیر (سوابیا درساحل دانوب حدود ۱۱۹۳ـ کلن ۱۲۸۰)
از دانشوران بزرگ قرون وسطی: فیلسوف، طبیعیدان و متکلم بود. او معلم توماس آکوئیناس قدیس بود. آلبرتوس با برخورداری از تعالیم حکمای عرب و خاخامهای یهود به احیای افکار ارسطو همت گماشت و کوشید حکمت ارسطویی را با دین مسیح وفق دهد، به علوم طبیعی و کیمیاگری علاقه‌مند بود. مقام «پرووِنسیال» را درفرقهٔ دومینیکن احراز کرد و در مباحثات عمدهٔ زمان شرکت جست. در ۱۹۳۱ در زمرهٔ مراجع قرار گرفت.

اُپنهایمر، رابرت (نیویورك ۱۹۰۴ ـ پرینستون ۱۹۶۷)
فیزیکدان نظری امریکایی. پس از تحقیقات دربارهٔ اتم و پرتوهای کیهانی، قدرت و واکنشهای هسته‌ای، در سال ۱۹۴۳ مدیر مرکز پژوهشی لوس آلاموس گردید، که در آنجا بمب اتمی امریکا ساخته شد. پس از جنگ جهانی، او با ساختن بمب هیدروژنی به مخالفت برخاست.

ارشمیدس (سیراکوز ۲۸۷ـ۲۱۲ ق.م.)
بی تردید، یکی از بزرگ ترین دانشمندان دوران باستان است. ریاضیدان بود و در علم حساب، طرحی برای محاسبهٔ اعداد بزرگ ریخت و عدد π (پی) را تعیین کرد. تحقیقاتش بخصوص در هندسه مشهور است. او علم تعادل مایعات را بنیان نهاد (قانون ارشمیدس)، و مراکز ثقل بعضی از اشکال را تعیین کرد.

افلاطون (آتن ۴۲۸ـ۳۴۸ ق.م.)
فیلسوف یونانی، شاگرد سقراط و استاد ارسطو بود. او مفاهیم فلسفی، اخلاقی، سیاسی و جهان شناختیش را در *مکالمات* خود شرح داده است. در باغهای آکادمیوس نزدیك آتن

«آکادمی را تأسیس کرد. مفاهیمش دربارهٔ منشأ و ساختار دنیا در رسالهٔ *تیمایوس* بیان شده است.

اینشتین، آلبرت (اولم ۱۸۷۹ـ پرینستون ۱۹۵۵) نوبل ۱۹۲۱.
یکی از بزرگ‌ترین فیزیکدانان و متفکران عصر جدید است. در ۱۹۰۵ با مطالعاتش دربارهٔ حرکت براونی (حرکت نامنظم ذرات جامد و بسیار ریز معلق در یك جسم سیال که حرکتی مرتعش و اتصالی است)، تبیین اثر فتوالکتریکی و اعلام نظریهٔ نسبیت خاص، شهرت یافت. یکی از یافته‌های اینشتین، معادلهٔ مبین رابطهٔ جرم و انرژی معادل آن است: $E=mc^2$ (انرژی برابر است با حاصلضرب جرم در مجذور سرعت نور). او نظریهٔ نسبیت عام را در ۱۹۱۶ منتشر کرد، در ۱۹۲۹ نظریهٔ میدان واحد را برای توجیه پدیدهٔ گرانش و الکترومغناطیس بیان کرد. در ۱۹۳۹ به ترغیب لئو زیلارد پیامدهای کشف شکافت هستهٔ اورانیوم را طی نامه‌ای به اطلاع پرزیدنت روزولت رسانید.

بِته، هانس (استرازبورگ ۱۹۰۶) نوبل ۱۹۶۷
فیزیکدان هسته‌ای و اختر فیزیکدان امریکایی آلمانی تبار. کشفش دربارهٔ چرخهٔ دوگانهٔ واکنش هسته‌ای، منشأ گسیل پیوستهٔ انرژی به توسط خورشید و ستارگان را بیان می‌کند: چرخهٔ کربن (همزمان با کارل فردریش فون ویتساکر) و زنجیرهٔ پروتون ـ پروتون (با سی. ال. کریچفیلد).

بروی، لوئی دو (دیپ ۱۸۹۲ ـ پاریس ۱۹۸۷) نوبل ۱۹۲۹
فیزیکدان نظری فرانسوی. او در ۱۹۲۴ نظریهٔ مکانیك موجی را ابراز کرد. برمبنای دوگانگی موج ـ ذرهٔ نور او پیشگویی کرد که به همان سیاق می‌توان حرکت هرذره را موجی دانست. این فرضیه با کشف پراش الکترونها به ثبوت رسید.

بطلمیوس، کلاودیوس (اواخر قرن اول میلادی ـ کانوپ حدود ۱۶۸)
منجم، ریاضیدان و جغرافیدان یونانی حوزهٔ اسکندریه. او در کتاب *المجسطی* خود دستگاه ریاضی پیشرفته‌ای را مطرح می‌کند که به موجب آن، همهٔ سیارات در یك مدار اپیسیکل (= epicycle دایره‌ای که مرکزش روی محیط دایرهٔ بزرگ‌تری باشد و در مدار آن حرکت کند) به دور زمین می‌چرخند. او روشهای متعددی را برای مساحی و ترسیم نقشه‌های جغرافیایی بیان کرده است. دستگاه بطلمیوسی تا زمان تحقیقات کُپرنیك، گالیله و کپلر، معتبر بوده است.

بکرل، هانری (پاریس ۱۸۵۲ـ لوکروازیس ۱۹۰۸) نوبل ۱۹۰۳ به اتفاق پی‌یر و ماری کوری.

استاد مدرسه پلی تکنیك و موزئوم. تحقیقاتی در زمینه قطبیدگی نور، مغناطیس و فسفرسانی انجام داده است. او درسال ۱۸۹۶ تابشهای خودبه‌خود گسیل شده اورانیوم (یا رادیواکتیویته طبیعی) را کشف کرد.

بوتگر، یوهان فردریش (شلیز ۱۶۸۲ ـ دِرسدن ۱۷۱۹)
شاگرد داروسازی در برلین بود. به کارهای کیمیاگری می پرداخت. اگوست دوم، شاهزادهٔ ساکس، اورا محبوس ومجبور به ساختن طلا ازراه کیمیاگری کرد. اوبه توصیهٔ دانشمندی به نام تشرینهاوس، کارساختن ظروف چینی را در پیش گرفت و بالاخره موفق شد برای نخستین بار در اوایل سال ۱۷۰۸ در اروپا ظروف چینی بسازد. او بنیانگذار کارخانه چینی سازی میسن در آلمان خاوری است.

بور، نیلس (کپنهاگ ۱۸۸۵ـ۱۹۶۲) نوبل ۱۹۲۲
فیزیکدان نظری دانمارکی. در ۱۹۱۳ مدل جدیدی برای ساختار اتم (مدل بور) بر پایهٔ کشف هستهٔ اتم به توسط ارنست راترفورد پیشنهاد کرد. در کپنهاگ، مکتب پر آوازهٔ فیزیك نظری را پدید آورد. او مکانیك کوانتومی را توسعه داد و «اصل مکمل بودن» را در آن وارد کرد. مدل هستهٔ مرکب را طرح کرد و در ۱۹۳۹ (همراه با جان آرچیبالد ویلر) نظریهٔ پدیدهٔ شکافت را مطرح کرد.

پالیسی، برنارد (نزدیك آژن حدود ۱۵۱۰ـپاریس ۱۵۸۹ یا ۱۵۹۰)
مساح، شیشه‌گر، سفالگر، پس از سالها کار توانفرسا بالاخره موفق شد روش جدیدی برای تولید ظروف چینی لعابدار کشف کند. اوهمچنین زمین شناسی است که به خاطر مشاهداتش دربارهٔ فسیلها شهرت دارد و در پاریس درسهای زمین شناسی برای عموم مردم داده است. چون نخواست از مذهب پروتستان که به آن گرویده بود روی برگرداند، سالهای آخر عمرش را در زندان باستیل گذراند و در همان جا هم مرد.

پائولی، ولفگانگ (وین ۱۹۰۰ ـ زوریخ ۱۹۵۸) نوبل ۱۹۴۵
فیزیکدان سویسی اتریش تبار. پس از نگارش مقالهٔ عالمانه‌ای دربارهٔ نظریهٔ نسبیت در سن بیست سالگی، در تکمیل نظریهٔ مکانیك کوانتومی مشارکت کرد. در ۱۹۲۵ «اصل طرد» را که به نام خودش معروف است تدوین کرد. برای تبیین طیف پیوستهٔ انرژی زایی رادیو اکتیویتهٔ بتا، وجود نوترینو را مسلم پنداشت؛ مطالعاتی که انریکو فِرمی از سر گرفت. او از ۱۹۳۵ تا ۱۹۵۴ در ایالات متحدهٔ امریکا به کار و تحقیق اشتغال داشت.

پاول، سیسیل فرانك (تونبریج در ایالت کنت انگلستان ۱۹۰۳ـ ایتالیا ۱۹۶۹) نوبل ۱۹۵۰
فیزیکدان تجربی انگلیسی. او در بریستول تحقیقات در زمینهٔ استفاده از امولسیونهای عکاسی برای مطالعهٔ واکنشهای هسته‌ای و پرتوهای کیهانی را توسعه داد. او سرپرست گروه تحقیقاتی بود که در ۱۹۴۷ مزون π (پی) را که یوکاوا پیشگویی کرده بود کشف کرد. همکاری بین المللی گسترده‌ای را میان مؤسسات تحقیقاتی که بر روی امولسیونهای فراهم آمده از بالونها کار می‌کردند سازمان داد. یکی از بنیانگذاران نهضت pugwash بود که کنفرانسهای منظمی با شرکت دانشمندان سرشناس برای بحث دربارهٔ مسائل جهانی ترتیب داد.

پِرَن، ژان (لیل ۱۸۷۰ ـ نیویورك ۱۹۴۲) نوبل ۱۹۲۶
فیزیکدان فرانسوی، مبتکر آزمایشهایی است که در ۱۹۸۵ ثابت کرد که پرتوهای کاتودی از ذراتی حامل بار منفی تشکیل شده‌اند و بدین ترتیب راه را برای کشف الکترون توسط جی. جی. تامسون هموار کرد. او در باب ترمودینامیك و حرکت براونی مطالعاتی انجام داد و مقدار عدد آووگادرو را تعیین کرد (که به موجب آن حجمهای متساوی گازها در شرایط متساوی از حیث فشار و دما یك عده مولکول دارند). او یکی از بنیانگذاران «مرکز علمی تحقیقات علمی» C.N.R.S (فرانسه) است.

پلانك، ماکس (کیل ۱۸۵۸ـ گوتینگن) نوبل ۱۹۱۸
فیزیکدان نظری آلمانی. در ترمودینامیك و تابش جسم سیاه تحقیق کرد. در سال ۱۹۰۰ نظریهٔ کوانتا را ابراز کرد (که به موجب آن تابش نیز مانند ماده، دارای ساختاری ذره‌ای است) و مقدار کوانتوم پایه را که به «ثابت پلانك» معروف است محاسبه کرد. نظریهٔ کوانتا ثابت می‌کند که نور از دانه‌های انرژی تشکیل شده است. پس از جنگ جهانی دوم، «جامعهٔ کایزر ویلهلم» به نام ماکس پلانك نامگذاری شد.

تالس (ملطیه اواخر قرن هفتم و ابتدای قرن ششم ق. م.)
قدیمی‌ترین فیلسوف یونانی و نخستین نفر از حکمای سبعهٔ یونان، و بنیانگذار مکتب ایونی است. او در عین حال ریاضیدان، فیزیکدان، اخترشناس و جغرافیدان بود. پیشگوییش دربارهٔ گرفتگی خورشید درسال ۵۸۵ ق.م. مشهور است. او هندسه را توسعه داد (قضیهٔ تالس). علم او عقلایی است؛ سعی کرد آن را از اسطوره جدا کند.

تامسون، جوزف جان (چیتام هیل ۱۸۵۶ ـ کمبریج ۱۹۴۰) نوبل ۱۹۰۶
فیزیکدان انگلیسی. او با تحقیق دربارهٔ تخلیهٔ الکتریکی در گازهای رقیق، ثابت کرد که

پرتوهای کاتودی از الکترون تشکیل شده اند. او مبتکر چند تحقیق نظری و مخترع چند ابزار علمی است. او نخستین طیف نگار جرم را ساخت و به کمك آن، وجود دو ایزوتوپ نئون را ثابت کرد.

تیکوبراهه (کنودستروپ ـ دانمارك ۱۵۴۶ ـ پراگ ۱۶۰۱)
اخترشناس دانمارکی که وسعت و دقت رصدهایش با چشمِ هنوز غیرمسلح، شهرت دارد. «ابرنواختر» ۱۵۷۲ را کشف کرد. با حمایت فردریك دوم پادشاه دانمارك، رصدخانهٔ اورانیبورگ (= قعلهٔ آسمانها) را بنا نهاد و فهرستی از ستارگان تنظیم کرد. پس از مرگ فردریك دوم، به دعوت امپراتور رودولف دوم به پراگ رفت و کپلر را برای همکاری به نزد خود فراخواند و پیش از مرگش نتایج رصدهایش را به او واگذار کرد.

چادویك، جمس (منچستر ۱۸۹۱ ـ کمبریج ۱۹۷۴) نوبل ۱۹۳۵
فیزیکدان تجربی انگلیسی. درسال ۱۹۱۴ ثابت کرد که طیف انرژیِ الکترونهای رادیواکتیویتهٔ بتا متصل است و در پی تجربیات فردریك و ایرن ژولیو ـ کوری، وجود نوترون را درهسته اتم کشف کرد.

دیراك، پل آدرین موریس (بریستول ۱۹۰۲ ـ فلوریدا ۱۹۸۴) نوبل ۱۹۳۳
فیزیکدان نظری انگلیسی. نظریهٔ مکانیك کوانتومی را بسط داد و معادلهٔ نسبیتی الکترون را تقریر کرد. در ۱۹۲۸ وجود ذرات بنیادی و پادذره را پیشگویی و خواص آنها را پیش بینی کرد. نظریهٔ دستگاههای چندذره‌ای او راهگشای آمار کوانتومی فِرمی ـ دیراك برای ذرّه‌های اسپین $\frac{1}{2}$ بود.

ذیمقراطیس (آبدرا در آسیای صغیر، حدود ۴۶۰ـ۳۷۰ ق.م.)
فیلسوف یونانی، پس از لوسیپوس نخستین نظریهٔ اتمیستی را تقریر کرد. این، به عنوان نخستین دستگاه فلسفیِ تعریفِ مادی جهان فیزیکی نگریسته شده است. او تأکید می کند که همهٔ اجسام از ذرات بسیار کوچكِ تجزیه‌ناپذیر و فسادناپذیر به نام اتم تشکیل شده‌اند و در حالی که این ذرات در خلأ به‌هم چسبیده‌اند، در حرکت مستدیر دائمی هستند.

راترفورد، ارنست (نلسون در زلاند جدید ۱۸۷۱ـ کمبریج ۱۹۳۷) نوبل ۱۹۰۸
فیزیکدان تجربی انگلیسی. او درمونترال (کانادا) به اتفاق فردریك سادی کشف کرد که رادیواکتیویته به وسیلهٔ تابش از یك عنصر به عنصر دیگر انتقال می یابد. او ماهیت ذرهٔ آلفا را مشخص کرد. در ۱۹۱۱ وجود هستهٔ اتم را اثبات کرد. نخستین تبدیل مصنوعی (واکنش

هسته‌ای) را تحقق بخشید. در تربیت فیزیکدانان پرآوازه‌ای چون: هان، گایگر، موزلی، چادویك، بلاکت، کوکرافت و ولتون سهیم بود.

زیلارد، لئو (بوداپست ۱۸۸۸ ـ کالیفرنیا ۱۹۶۴)
فیزیکو شیمیدان امریکایی مجارستانی تبار. او در انگلستان به اتفاق چالمرز روشی برای جداسازی شیمیایی هسته‌های رادیواکتیو کشف کرد. در ۱۹۳۷ به ایالات متحدهٔ امریکا مهاجرت کرد و تا آخر عمر آنجا ماند. در واکنش زنجیره‌ای اورانیوم مطالعه کرد و اینشتین را ترغیب کرد نامه‌ای به روزولت بنویسد و رئیس جمهور را از امکان ساختن بمب اتمی آگاه کند. او در «طرح مانهاتان» کار می‌کرد. بیمناك از توسعهٔ مسابقهٔ تسلیحات هسته‌ای، در اواخر زندگیش به زیست شناسی مولکولی روی آورد.

ژولیو، فردریك (پاریس ۱۹۰۰ ـ ۱۹۵۸) نوبل ۱۹۳۵ به اتفاق ایرن ژولیو کوری.
فیزیکدان تجربی فرانسوی. پس از مطالعاتی در زمینهٔ پرتابهٔ پروتون، به اتفاق ایرن ژولیو ـ کوری رادیواکتیویتهٔ مصنوعی را کشف کرد. در ۱۹۳۹، امکان واکنش زنجیره‌ای در هسته‌های اورانیوم را اثبات کرد و به اتفاق هانس فون هالبان و لف کوارسکی کوشید یك پیل اتمی بسازد. درسال ۱۹۴۴ به مدیریت «مرکز ملی پژوهشهای علمی» و در ۱۹۴۵ به عنوان کمیسر عالی درانرژی اتمی منصوب شد. او مبتکر بیانیهٔ استکهلم در منع سلاح اتمی است.

ژولیو ـ کوری، ایرن (پاریس ۱۸۹۷ـ۱۹۵۶) نوبل ۱۹۳۵ به اتفاق شوهرش فردریك ژولیو.
فیزیکدان تجربی فرانسوی، دختر پی‌یر و ماری کوری. تحقیقاتی که او به اتفاق شوهرش دربارهٔ پرتابهٔ پروتون انجام داد. جمس چادویك را به کشف نوترون هدایت کرد. او به اتفاق فردریك ژولیو درسال ۱۹۳۴ رادیواکتیویتهٔ مصنوعی را کشف کرد، و تحقیقاتی دربارهٔ پرتوزایی عناصری که با کنش نوترون بر روی اورانیوم تولید می‌شود، انجام داد. او نخستین بانویی است که در سال ۱۹۳۶ در فرانسه به مقام معاون وزارت آموزش و پرورش در امور پژوهشهای علمی منصوب شد.

سادی، فردریك (ایستبورن ۱۸۷۷ ـ برایتون ۱۹۵۶) نوبل ۱۹۲۱
شیمیدان انگلیسی. به اتفاق راترفورد در مونترال قانون تبدّل رادیواکتیوها (تبدّل خودبه‌خود) را عرضه داشت. همچنین وجود ایزوتوپها را کشف و در ۱۹۱۴ ثابت کرد که عناصر پایدار نهایی از خانوادهٔ رادیواکتیوهای طبیعی ایزوتوپهای سرب هستند.

شاندرازخار، سوبرهمانیان (لاهور ۱۹۱۰) نوبل ۱۹۸۳
اختر فیزیکدان امریکایی هندی تبار. تحقیقاتی دربارهٔ پایداری ساختار درونی ستاره‌ها درمراحل مختلف تحولشان انجام داده است. تقویم جرم بحرانی ستاره‌ها که «جرم شاندرازخار» معروف است و فراتر از آن، ستاره در خود فرومی‌ریزد، از یافته‌های علمی اوست.

شرودینگر، اروین (وین ۱۸۷۷ـ۱۹۶۱) نوبل ۱۹۳۳
فیزیکدان نظری اتریشی که در ۱۹۳۸ به ایرلند مهاجرت کرده بود. اودرادامهٔ تحقیقات لویی دوبروی، در ۱۹۲۶ مکانیك موجی را بسط داد و معادلهٔ معروف به «معادلهٔ شرودینگر» را تعریف کرد. اوثابت کرد که مکانیك موجی با مکانیك ماتریسهای هایزنبرگ، که هردو اساس مکانیك کوانتومی را تشکیل می‌دهند، معادل است.

فِرمی، انریکو (رم ۱۹۰۱ ـ شیکاگو ۱۹۵۴) نوبل ۱۹۳۸
فیزیکدان نظری و تجربی ایتالیایی که شهروند ایالات متحدهٔ امریکا شده بود. او آمار کوانتومی جدیدی را برای ذره‌های اسپین $\frac{1}{2}$ بسط داد، و نظریهٔ رادیواکتیویتهٔ بتا را تکمیل کرد. او با استفاده از نوترون، تعدادزیادی عناصر رادیواکتیو مصنوعی کشف کرد. مطالعاتی دربارهٔ واکنش زنجیره‌ای انجام داد و نخستین رآکتور اتمی را ساخت در دسامبر ۱۹۴۲ درشیکاگو نخستین واکنش زنجیره‌ای مهار شده، زیر نظر او جامهٔ عمل پوشیده. پس از جنگ، در راستای تولید و شناخت خواص مزونها به پژوهش پرداخت.

فیثاغورس (در جزیرهٔ ساموس متولد شده و درنیمهٔ اول قرن پنجم قبل از میلاد می‌زیسته است)
ریاضیدان و فیلسوف یونانی. بنیانگذار یك مکتب و یك جمعیت سرّی با مقاصد علمی، فلسفی، دینی و سیاسی است. او در حدود چهل سالگی در شهر کروتونا (جنوب ایتالیا) مستقر شد. او در هندسه، اکتشافات متعددی داشته است (قضیهٔ فیثاغورس) وبه خواص اعداد، توجه فوق‌العاده‌ای داشت و برایشان فضیلتی عرفانی قائل بود. او معتقد بود که اساس جهان بر هماهنگی اعداد استوار است.

کپرنیك، نیکولا (تورون ۱۴۷۳ـ فراوئنبورگ ۱۵۴۳)
اخترشناس لهستانی که در کلیسای جامع فراوئنبورگ (در پروس شرقی) کار می‌کرد. او با کتابش *گردش افلاك آسمانی* که چندروز پیش از مرگ منتشر شد، انقلابی در نجوم ایجاد کرد. اواین نظر را عنوان کرد که سیارات وزمین، ضمن گردش به دورخود،به دورخورشید نیز می‌چرخند.

کپلر، یوهان (ویل دِراشتاد ۱۵۷۱ ـ راتیسبون ۱۶۳۰)
اخترشناس آلمانی، معاصر تیکو براهه و گالیله که در پی تغزیرات دینی، به پراك، نزد تیکو براهه پناهنده شد و پس از مرگ وی در سال ۱۶۰۱، در مقام منجم رودلف دوم، جانشین او گشت. بر اساس رصدهای تیکو براهه، کپلر قوانین سه‌گانه خود را در باب حرکات سیارات بر گرد خورشید تقریر کرد، از جمله قانون مدار بیضوی (مدار هر سیاره به شکل بیضیی است که خورشید در یکی از دو کانون آن واقع است)؛ قانون سطوح (شعاع حامل سیاره در زمانهای مساوی، سطوح مساوی می‌پیماید)؛ قانون توافقی (نسبت مربعات زمانهای حرکت انتقالی هردو سیاره به یکدیگر مساوی است با مکعبات فواصل متوسط آنها از خورشید).

کوری، پی‌یر (پاریس ۱۸۵۹ـ۱۹۰۶) نوبل ۱۹۰۳ به اتفاق ماری کوری و هانری بکرل.
شیمی ـ فیزیکدان فرانسوی. تحقیقاتی دربارهٔ بلورها، قوانین تقارن و مغناطیس انجام داده بود (نقطهٔ کوری). او به اتفاق برادرش ژاك، پدیدهٔ پیزو الکتریسیته (تأثیر متقابل برق و تغییر شکل مکانیکی) را کشف کرد. او با همکاری زنش ماری کوری، پولونیوم و رادیوم را کشف کرد. تحقیقاتی دربارهٔ گسیل انرژی از رادیوم و کاربردهای پزشکی آن انجام داد.

کوری، ماری (سکلودوفسکا) (ورشو ۱۸۶۷ ـ سالانشه ۱۹۳۴) نوبل ۱۹۰۳ به اتفاق پی‌یر کوری و هانری بکرل. نوبل ۱۹۱۱.
شیمی ـ فیزیکدان فرانسوی لهستانی تبار. او با همکاری شوهرش پی‌یر کوری دو عنصر جدید رادیوآکتیو کشف کرد: پولونیوم و رادیوم که وجودش را مفروض دانسته بود. او نخستین زنی است که در ۱۹۰۶، در پی درگذشت شوهرش، به استادی دانشکدهٔ سوربون انتخاب شد. بنیانگذار «انستیتو رادیوم پاریس» است. وزن اتمی رادیوم را او تعیین کرد.

گالیله، گالیلئو (پیز ۱۵۶۴ ـ آرستری ۱۶۴۲)
ریاضیدان، فیزیکدان و اخترشناس ایتالیایی. قوانین نوسان آونگ، سقوط اجسام و مسیر پرتابه‌ها را کشف کرد. رصدهایش با دوربین از ماه و خورشید که گردش آنها را معین می‌کرد و نیز کشف چهار قمر مشتری، او را متقاعد ساخت که زمین به دور خورشید می‌چرخد. او که از سوی ادارهٔ تفتیش عقاید کلیسا در سال ۱۶۳۳ محکوم به توبه شده بود، گفته است: «با وجود این می‌گردد!»

گاموف، جورج آنتونی (اودسا ۱۹۰۴ ـ ایالات متحدهٔ امریکا ۱۹۶۸)
فیزیکدان امریکایی روسی تبار. در سال ۱۹۲۸ برای ادامهٔ تحصیل به گوتینگن رفت و آنجا از

مکانیك کوانتومی برای توضیح نظریهٔ رادیواکتیو آلفا استفاده کرد. در کپنهاگ، مدل هسته‌ای قطرهٔ مایع را پیشنهاد کرد. از ۱۹۳۴ در ایالات متحدهٔ امریکا مستقر شد. ابتدا نظریهٔ رادیواکتیویتهٔ بتا را بسط داد، سپس به اختر فیزیك روی آورد، آنگاه تحقیقاتی درشیمی زیستی انجام داد و کُد ژنتیکی برای Desoxyribonucleic Acid (D.N.A.) پیشنهاد کرد. [کتابهای متعددی از او به فارسی ترجمه شده است. ــم.]

گِل‌ـمان، موری (نیویورك) نوبل ۱۹۶۹

فیزیکدان نظری امریکایی، متخصص ذرات بنیادی. او عدد کوانتومی جدید موسوم به «شگفت‌انگیز» را مطرح کرد، آنگاه با استفاده از نظریهٔ ریاضی مجموعه‌ها، طبقه‌بندی جدیدی برای ذرات بنیادی بر مبنای ساختار کوارك پیشنهاد کرد. این نظریه به وی امکان داد که وجود ذرات جدیدی را پیشگویی کند.

گود اسمیت، ساموئل آبراهام (لاهه ۱۹۰۲ ـ رنو ۱۹۷۸)

فیزیکدان امریکایی هلندی تبار. در ۱۹۲۵ به اتفاق جورج اوهلنبك وجود اسپین الکترون را مفروض دانست و عدد کوانتومی جدیدی را به دست داد. از ۱۹۲۷ در دانشگاه میشیگان تدریس می‌کرد. در سالهای ۱۹۴۴ـ۱۹۴۵ مسئول علمی مأموریت آلسوس برای ارزیابی پیشرفت تحقیقات اتمی آلمانیها درمدت جنگ شد.

لانداو، لیف داویدوویچ (باکو ۱۹۰۸ ـ مسکو ۱۹۶۸) نوبل ۱۹۶۲

فیزیکدان نظری شوروی. مؤسس مدرسهٔ عالی فیزیك نظری است که به اتفاق ا. ام. لیفشیتس یك دوره کتاب درسی در کلیات فیزیك نظری تألیف کرد. مطالعات او در مغناطیس، در فیزیك هسته‌ای، در دماهای پست و در هلیوم مایع معروف است.

مندلیف، دیمیتری ایوانوویچ (توبولسك ۱۸۳۴ ـ سن پترزبورگ ۱۹۰۸)

شیمیدان روس. او در ۱۸۶۹ جدول طبقه‌بندی تناوبی عناصر را تدوین کرد و دراین جدول، خانه‌هایی را برای عناصر شیمیایی که هنوز شناخته نشده بودند خالی گذاشت وخواص آنها را پیشگویی کرد. این عناصر بعدها به تدریج کشف شدند. او یکی از ترویج دهندگان سیستم متریك در روسیه بود.

میتنر، لیزه (وین ۱۸۷۸ ـ کمبریج ۱۹۶۸)

فیزیکدان اتریشی. او از ۱۹۰۷ با اوتو هان در برلین کار می‌کرد و به اتفاق او پروتاکتینیوم را کشف کرد. از ۱۹۳۵ با اوتو هان برای کشف عناصر رادیواکتیو ماورای اورانیوم احتمالی

تحقیق می کرد. در ۱۹۳۸، چون یهودی بود، از آلمان گریخت و به سوئد پناهند شد. او به اتفاق برادرزاده اش اوتو فریش پدیدهٔ شکافت هستهٔ اورانیوم را بر پایهٔ مدل قطرهٔ مایع تعریف کرد.

میلیکان، رابرت آندره (ایلینومی ۱۸۶۸ ـ کالیفرنیا ۱۹۵۳) نوبل ۱۹۲۳
فیزیکدان امریکایی. او از راه آزمایش مشهوری بار الکترون را تعیین کرد و مطالعاتی در زمینهٔ اثر فتوالکتریك انجام داد و توانست مقدار ثابت پلانك را به دست بیاورد. به منظور مطالعهٔ اثر عرض جغرافیایی تابش کیهانی، به سفرهای علمی متعددی در سراسر دنیا رفت.

نیوتون، آیزك (وولسترایپ ۱۶۴۲ ـ کینزینگتون ۱۷۲۷)
ریاضیدان، فیزیکدان و اخترشناس پرآوازهٔ انگلیسی. نظریه‌ای دربارهٔ نور و مطالعهٔ نور سفید و تجزیهٔ آن به چند رنگ را مدیون او هستیم. او علم مکانیك را بسط داد، و مستقل از لایب نیتس، اساس حساب جامعه و فاضله را تکمیل کرد. در سال ۱۶۸۷ کتاب مهمش را تحت عنوان *اصول ریاضی فلسفهٔ طبیعی* منتشر کرد که در آن، نظریه‌ای دربارهٔ جاذبهٔ عمومی را بیان کرد.

هارناك، آدولف فون (دورپات در استونی ۱۸۵۱ ـ هایدلبرگ ۱۹۳۰)
تاریخ شناس آلمانی، متخصص الهیات و مسیحیت ابتدایی. او در مطالعهٔ منشأ مسیحیت، اهمیت زیادی برای اسناد و مدارك تاریخی قائل شد. مدیر کتابخانهٔ سلطنتی پروس بود. طرح و پیشنهاد نخستین سازمان تحقیقاتی آلمان موسوم به «جامعهٔ کایزر ویلهلم» را که در ۱۹۱۱ تأسیس شد، او داد و خودش تا ۱۹۳۰ اولین رئیس آن بود.

هان، اوتو (فرانکفورت ۱۸۷۹ـ گوتینگن ۱۹۶۸) نوبل ۱۹۴۵
شیمیدان آلمانی است که رادیوتوریوم، مزوتوریوم، سپس در ۱۹۱۷ به اتفاق لیزه میتنر، پروتاکتینیوم را کشف کرده است او پدیدهٔ ایزومری هسته‌ای را اثبات کرد. در دسامبر ۱۹۳۸ به اتفاق فریتس اشتراسمان موفق به شکافت هستهٔ اورانیوم شد. او که در ۱۹۴۶ رئیس «جامعهٔ کایزر ویلهلم» بود نام آن را به **«جامعهٔ ماکس پلانك»** تغییر داد.

هایزنبرگ، ورنر (وورزبورگ ۱۹۰۱ ـ مونیخ ۱۹۷۶) نوبل ۱۹۳۳
فیزیکدان نظری آلمانی. در کپنهاگ و در گوتینگن، مکانیك کوانتومی را با استفاده از یك مدل ماتریسی بسط داد و اصل عدم قطعیت را تقریر کرد. پس از کشف نوترون، مدل جدید هسته را تخیل کرد. در زمان جنگ جهانی دوم یکی از مسئولان تحقیقات اتمی آلمانی بود.

یوکاوا، هیدکی (توکیو ۱۹۰۷ ـ کیوتو ۱۹۸۱) نوبل ۱۹۴۹

فیزیکدان نظری ژاپنی. سعی کرد مکانیسم قدرت هسته‌ای را بفهمد. فرضیهٔ وجود ذرهٔ جدیدی را (که بعداً مزون نامیده شد) تدوین و خواص آن را پیشگویی کرد، اما وجود این ذره، عملا در ۱۹۴۷ وقتی که سیسیل پاول و گروهش مزون π را کشف کردند، به اثبات رسید.

۲. فرهنگ اصطلاحات

اتم (Atome): کوچك ترین جزء یك عنصر شیمیایی که در ساختمان یك مولکول، دخیل است. اتم، شامل یك هستهٔ مرکزی است که الکترونها به دورآن می چرخند. بار مثبت هسته با بار منفی الکترونها پایاپای می شود.

اسپین (spin): حرکت چرخشی ذاتی یك ذره (شبیه چرخش یك توپی) که با یك بُردار نمایش داده می شود. نمایش اسپین یك پروتون یا یك الکترون بر روی یك محور، تنها دو کمیت می تواند بپذیرد: $\frac{۱}{۲}+$ و $\frac{۱}{۲}-$.از $\frac{h}{۲\pi}$ (ثابت پلانك تقسیم بر دوپی) متناظر به چرخشها در جهت عکس یکدیگر.

الکترون (Electron): یکی از اجزای تشکیل دهندهٔ اتم. ذرهٔ بنیادی با بار برقی منفی. جرم آن معادل ۰/۵۱MeV، یك الکترون اسپین $\frac{۱}{۲}$ دارد. بار برقی یك الکترون، کوچك ترین بار برقی است که می توان اندازه گیری کرد.
الکترون مثبت (= پوزیتون): ذرهٔ بنیادی با بار برقی مثبت. جرم آن مساوی جرم الکترون و پادْذرهٔ آن است.

الکترون ـ ولت (electron-volt = eV): واحد انرژی در فیزیك هسته‌ای و برابر است با انرژیی که یك الکترون برای عبور از یك اختلاف پتانسیل یك ولت می گیرد. مگاالکترون ـ ولت (MeV) برابر با یك میلیون الکترون ولت است.

اندازهٔ حرکت (momentum/impulsion): حاصلضرب جرم ذره در سرعت آن.

اندازهٔ حرکت زاویه‌ای (گشتاور) moment of momentum: در حرکت چرخشی به دور یك نقطه عبارت است از حاصلضرب بُردار اندازهٔ حرکت یك ذره در فاصله‌اش از این نقطه. اندازهٔ حرکت زاویه‌ای نسبت به صفحه‌ای که از اندازهٔ حرکت و نقطهٔ مرکزی تعیین می‌شود، عمود است.

انرژی بستگی (binding energy): انرژی بستگی کل: مقدار انرژی لازم برای جداکردن اجزای تشکیل‌دهندهٔ یك مجموعه. مثلا، انرژیِ بستگیِ یك هسته، انرژی لازم برای متفرق کردن پروتونها و نوترونهای هستهٔ اتم است. بالعکس، در موقع همجوشیِ این ذرات برای تشکیل یك هسته، این انرژی آزاد می‌شود.
انرژی بستگی یك الکترون: انرژی لازم برای جداکردن یك الکترون از یك اتم است.
انرژی بستگی نوکلئون: به‌نمودار صفحهٔ ۲۳۱ رجوع کنید.

ایزوتوپ (Isotops): هسته‌هایی که تعداد پروتونشان برابر است (متعلق به عنصر شیمیایی یکسان) اما از لحاظ تعداد نوترون، متفاوتند. مثلا، اورانیوم ۲۳۵ و اورانیوم ۲۳۸. این دو ایزوتوپ، هردو ۹۲ پروتون دارند، اما اولی ۱۴۳ نوترون و دومی ۱۴۶ نوترون دارد.

باریون (Baryon): مجموع نوکلئونها و ذرات سنگین‌تر از اسپین $\frac{1}{2}$ کامل را باریون می‌نامند. باریونها مستعد همهٔ انواع برهمکنشی هستند.

پارتون (parton): نام ژنریکی که به کوارکها* و به گولونها داده شده است.

پروتون (proton): هستهٔ اتم هیدروژن: یکی از ذرات بنیادی تشکیل‌دهندهٔ هسته اتمها که بار برقی مثبت دارد. جرم آن تقریباً ۱۸۴۰ برابر جرم الکترون، و اسپین آن $\frac{1}{2}$ است.

ثابت پلانك (planck's constant): مقدار ثابت عمومی (علامتش h)، مساوی است با

$۶/۶۳\times۱۰^{-۳۴}$ ژول ثانیه یا $۴/۱۴\times۱۰^{-۱۵}$ الکترون ـ ولت ثانیه. انرژی یك فوتون (یك کوانتوم انرژی) برابر است با بسامد آن ضربدر ثابت پلاك.

دفع کولنی (coulomb repulsion): یا دفع الکترواستاتیکی: اثر مزدوج نیروهای هسته‌ای (قوی، جذب کننده و کوتاه‌بُرد) و نیروهای الکتریکی (بلند بُرد و دفع کننده، میان ذراتی که بار برقی همنام دارند) برای همهٔ ذرات دارندهٔ بار برقی مثبت که از خارج (پرتابه‌ها) یا ازدرون می آیند یك «سدّ پتانسیل» ایجاد می کند. یك چنین ذره‌ای هرگاه انرژی کافی داشته باشد، می تواند به موجب مکانیك کوانتومی با برخی احتمال، از این «سدّ» عبور کند.

دوتریوم (deuterium): هیدروژن سنگین که هارولد اوری آن را در ۱۹۳۲ کشف کرد. هستهٔ دوتریوم ــ دوترون ــ از یك پروتون و یك نوترون تشکیل شده است. از ترکیب دوتریوم با اکسیژن، آب سنگین تهیه می شود.

دوره (period): برای یك جسم رادیواکتیو معیّن یا عنصر رادیو اکتیو، پیوسته نسبت ثابتی از هسته‌های موجود در واحد زمان از راه گسیل پرتو (تابش)، فروپاشیده می شود. این خاصیّت با «قانون نمایی کاهش» متناظر است که با دوره‌اش مشخص می شود و آن، مدت زمانی است که طی آن، تعداد هسته‌های موجود به نصف کاهش پیدا می کند.

رادیواکتیویته (Radioactivity): خاصیت هستهٔ عنصری که خود به‌خود از راه تابش به هستهٔ عنصر دیگر مبدّل می شود. رادیواکتیویته به دو نوع طبیعی و مصنوعی تمیز داده می شود. رادیواکتیویتهٔ طبیعی از عناصر پرتوزایی که در طبیعت وجود دارد، ناشی می شود. رادیواکتیویتهٔ مصنوعی از عناصر پرتوزایی که به طور مصنوعی تولید می شوند، به‌بار می آید.

رادیواکتیویتهٔ آلفا: هستهٔ رادیو اکتیوی که از تعداد Z پروتون و N نوترون تشکیل شده است، یك هستهٔ هلیوم (ذرهٔ آلفا) گسیل می کند و به هستهٔ دیگری شامل Z ـ ۲ پروتون و N ـ ۲ نوترون مبدّل می شود.

رادیواکتیویتهٔ بتا: رادیواکتیویته‌ای که طی آن، یك هسته در برهمکنشی ضعیف، یك الکترون (مثبت یا منفی) و یك نوترینو یا پادنوترینو گسیل می کند؛ در این تبدّل، هسته، همان تعداد نوکلئونها را حفظ می کند، منتهی یك پروتون به نوترون یا بالعکس، یك نوترون به پروتون مبدّل می شود. ذرات بنیادی مثل نوترون یا پیون در این نوع رادیواکتیویته واپاشیده می شود.

شکافت (Fission): واکنش هسته‌ای که در آن، یك هستهٔ سنگین به دو هستهٔ سبك تر (و پایدارتر) تقسیم می شود و مقداری معتنابهی انرژی آزاد می کند.

طول موج (Wavelength): یك تابش الکترومغناطیسی (مثل نور) می تواند به شکل موجی که پخش می شود ظاهر گردد؛ طول موجش از نوسان تابش طبق فرمول زیر به‌دست می آید: طول موج X بسامد = سرعت نور (= ۳×۱۰^{۸} متر در ثانیه)

فوتون (photon): دانهٔ بنیادی نور یا تابش الکترومغناطیسی که برابر است با یك کوانتوم انرژی الکترومغناطیسی.

قدر (Magnitude): در اخترشناسی، مقیاس برای اندازه گیری درخشندگی ستارگان. نظر به اختلاف زیادی که در درخشندگی ستارگان وجود دارد، برای قدرها ازمقیاس لگاریتمی استفاده می شود. قدرهای منفی مربوط به ستارگان بسیار درخشنده است.

کوارك (Quark): اجزای بنیادی شبه نقطه‌ای ذراتی که در معرض برهمکنشیِ قوی هستند، نظیر نوکلئونها یا مزونها. چند «طعم» کوارك شناخته شده است (u، d، s،...)؛ کوارکها به «رنگهای» متفاوت بیان می شوند. طعم و رنگ، اعداد کوانتومی هستند.

کوانتوم (Quantum) در لغت به معنای مقدار است.

مکانیك کوانتومی: مکانیك نوینی است که بور، هایزنبرگ، شرودینگر، دیراك و... آن را بسط داده‌اند. کاربرد آن درمیکروفیزیك (مولکول، اتم، هسته و ذرات بنیادی) است. مکانیك کوانتومی از لحاظ برخی از قانونهایش از مکانیك کلاسیکی متمایز است، اما در محدودهٔ مقادیر بزرگ، انرژیهای ضعیف و اعداد کوانتومی خیلی بالا، به آن ملحق می‌شود.

عدد کوانتومی: در مکانیك کوانتومی مقادیر ممکن و پنهان یك کمیت فیزیکی را مشخص می‌کند. مثال: اسپین، افسون، شگفتی، رنگ

مزون (Meson) در اصل به عنوان جرم ذره‌ای که میانی جرم الکترون و پروتون است، تعریف شد. مزون در معرض برهمکنشی قوی است. اسپین مزون عدد صحیح صفر، یك و... مثال: مزون π، مزون k،

مزون π (یا پیون): ذره با بار برقی مثبت، منفی یا خنثی که جرم آن تقریباً ۲۷۶ برابر بزرگ‌تر از الکترون است. این ذره، یوکاواست. پیونها دائماً میان نوکلئونها در یك هسته مبادله می‌شوند. پیون حامل برهمکنشی قوی است و اسپین آن صفر است.

مقطع مؤثر (effective scattering) میزان احتمال واکنش یك ذرهٔ پرتابه با ذره یا هسته‌ای که آماجگاه است. در حالی که پرتابه مثل یك باریکه تصور می‌شود، ذره یا هسته آماجگاه را می‌توان صفحه‌ای در نظر گرفت که سطح آن با مقطع مؤثر برابر است و عمود بر پرتابه‌ا است که به آن اصابت می‌کند؛ هرگاه پرتابه به صفحه اصابت کند واکنش مورد انتظار تحقق می‌یابد.

مولکول (Molecule): کوچك‌ترین جزء یك جسم ساده یا مرکب. مستعد آن است که به حالت مجزا وجود داشته باشد. یك مولکول از اتمها تشکیل شده است.

میون (Muon): ذره‌ای شبیه یك الکترون سنگین است که در تابش کیهانی تولید می‌شود و بار برقی آن ممکن است مثبت یا منفی باشد. جرم آن تقریباً ۲۱۲ برابر بزرگتر از الکترون، و اسپین اش $\frac{1}{2}$ است.

نوترون (Neutron): یکی از ذرات بنیادی تشکیل دهندهٔ هسته بدون بار برقی، جرم آن محسوساً مساوی پروتون و اسپین آن $\frac{1}{2}$ است.

نوترینو (Neutrino): ذره بنیادی تقریباً بدون جرم یا دارای جرمی بسیار کوچك، بدون بار برقی، که در رادیو اکتیویتهٔ بتا گسیل میی شود. برهمکنشی آن ضعیف و اسپین آن $\frac{1}{2}$ است.

نوکلئون (Nucleon): نام ژنریك پروتون و نوترون. یك هسته از نوکلئونها تشکیل شده است.

واکنش هسته‌ای (Nuclear reaction): برهمکنشی یك ذرهٔ پرتابه با یك هستهٔ آماجگاه که طی آن پرتابه و آماجگاه تغییر حالت می‌دهند یا واپاشیده می‌شوند. وقتی که تغییر حالت رخ ندهد و پرتابه فقط از روی هستهٔ آماجگاه ورجهد، می‌گویند پخش کشسانی (الاستیك) وجود داشته است.

هسته (Nucleus/noyau): قسمت مرکزی اتم، جثه‌ای بسیار ریز دارد که تقریباً تمامی جرم اتم در آن متمرکز شده است. هسته شامل پروتونها (که تعدادشان عدد اتمی عنصر را معین می‌کند) و نوترونهاست.

همجوشی (Fusion): دو هستهٔ سبك دریکدیگر گداخته و ذوب می‌شوند و یك هستهٔ سنگین (و پایدارتر) ایجاد می‌شود و مقدار معتنابهی انرژی آزاد می‌کند.

یون (Ion): اتم یا مجموع اتمهایی که از آن یك یا چند الکترون گرفته شده یا به آن افزوده شده است. یك یون حامل بار برقی مثبت یا منفی است. یونش (To ionize) به معنای تولید یونهاست.

چند عنصر سنگین رادیو اکتیو

اورانیوم (uranium): عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۹۲. این عنصر به صورت طبیعی در دو ایزوتوپ وجود دارد: اورانیوم ۲۳۸ (تا ۹۹/۳ درصد(با دورهٔ عمر ۴/۵ میلیارد سال، پدرخانوادهٔ رادیوم است، اورانیوم ۲۳۵ (تا ۰/۷ درصد) با دورهٔ عمر ۷۰۰ میلیون سال، بسیار شکافت پذیر و پدرخانوادهٔ آکتینیوم است.

پلوتونیوم (plutonium): عنصر ماورای اورانیوم، به صورت طبیعی وجود ندارد، وزن اتمی آن ۲۴۴ و عدد اتمیش ۹۴ است. ایزوتوپ ۲۳۹ آن فوق العاده شکافت پذیر و دورهٔ عمرش ۲۴۱۰۰ سال است.

پولونیوم (polonium): عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۸۴. ایزوتوپ وزن اتمی ۲۱۰ آن دورهٔ عمرش ۱۳۸ روز است و به خانوادهٔ رادیوم تعلق دارد.

تورون (Thoron): گاز رادیو اکتیو (اِماناسیون) از خانوادهٔ توریوم، دورهٔ عمرش ۵۵ ثانیه است. این ایزوتوپ، وزن اتمی ۲۲۰ رادون است.

توریوم (Thorium): عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۹۰. به صورت طبیعی با وزن اتمی ۲۳۲ وجود دارد. دورهٔ عمرش ۱۴ میلیارد سال، پدر خانوادهٔ توریوم است.

رادون (Radon): عنصر شیمیایی ۸۶، گاز رادیو اکتیو (اِماناسیون). ایزوتوپ وزن

اتمی ۲۲۲ این عنصر اختصاصاً رادون نامیده می شود. دورهٔ عمرش ۳/۸ روز و محصول مستقیم رادیوم است.

رادیوم (Radium): عنصر شیمیایی با عدد اتمی ۸۸. ایزوتوپ وزن اتمی ۲۲۶ این عنصر اختصاصاً رادیوم نامیده می شود، دورهٔ عمرش ۱۶۰۰ سال است.

شیوهٔ نگارش اعداد بسیار بزرگ و بسیار کوچك: آنها را با یك عدد ضر بدر توانی از عدد ۱۰ می نویسند. مثلا به جای ۴/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ می نویسد ۴×۱۰^{۹}.

همچنین به جای $\frac{۱}{۱۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰}$ (= یك میلیاردیم) می نویسند $۱۰^{-۹}$.

فهرست راهنمای موضوعی

واژه‌هایی که با علامت * مشخص شده‌اند در فرهنگ اصطلاحات، تعریف شده‌اند.

آ، ا

آب سنگین ۱۸۲

آهن (اَهن ۵۶) ۲۴۰، ۲۵۳

اَبَرنواَختر ۵۷، ۲۴۳ و بعد

اَبَرنواختر SN 1987 A ۲۴۷، ۲۴۸، ۲۵۳

اتاق یونش ۸۴، ۱۵۴

اتاقك ابر (اتاقك ویلسون) ۱۱۶، ۱۴۶ وبعد

اتم* ۴۰، ۵۱ و بعد، ۷۲ و بعد، ۱۱۳، ۲۷۰

اسپین* ۴۵، ۱۴۲

استوای فلکی ۲۱

اصل عدم قطعیت ۱۱۷ وبعد

اصل طرد (= اصل پائولی) ۴۶، ۱۳۰، ۲۴۳

اصل مکمل بودن ۱۱۷ وبعد

اصل همخوانی ۱۱۲

اعتدال (بهاری وپاییزی) ۲۲

الکتروسکوب (الکترومتر) ۶۶، ۸۴، ۱۴۵

الکترون* ۴۵، ۶۶ و بعد، ۱۴۴

الکترون مثبت (پوزیترون) ۱۱۹، ۱۳۹، ۱۴۲

الکترون ولت (eV)* ۱۱۶

امولسیون عکاسی ۱۵۴ و بعد

اندازهٔ حرکت* ۴۵

اندازهٔ حرکت زاویه‌ای* ۴۵

انرژی بستگی* ۴۵، ۱۴۱، ۱۷۲، ۲۳۶

اورانیوم ۲۳۵ و ۲۳۸*، ۶۳، ۸۴، ۱۲۱، ۱۶۸، ۱۹۰، ۲۳۴

ایزوتوپ* ۶۸، ۱۷۰، ۲۳۴

ب

باریون* ۱۶۱، ۲۷۰

برهم کُنِشی الکترومغناطیسی ۵۱.

ــ ضعیف ۵۱، ــ قوی ۵۱

بسامد ارتعاش موجی (طول موج*) ۴۵

بمب اتمی ۱۲۲، ۱۷۶

بمب حرارتی ـ هسته‌ای (ترمونوکلئر) ۲۱۴

بیگ بنگ ۲۵۴

پ

پاد ذره ۱۴۲

پارتون* ۱۶۲ و بعد

پچبلند ۸۴

پروتون* ۴۷، ۱۲۱، ۱۴۱، ۲۳۶

پلوتونیوم* ۱۸۴، ۲۰۰

پلونیوم* ۶۳، ۶۵، ۸۵
پیازی (ساختار) ۲۴۱ و بعد
پیل اتمی (رك: رآکتور هسته‌ای)

ت، ث
تابشهای کیهانی (پرتوهای کیهانی) ۱۴۶ و بعد، ۲۵۵
تبدّل (موتاسیون) ۲۵۵
تِپ اختر (پالْسار) ۲۴۴ و بعد
تتراکتیس ۲۸
تعیین سنّ اجسام (دورهٔ عمر عناصر) ۲۳۴ و بعد
تقویم ۲۰ و بعد، ۲۲۳
تورون* ۶۸ و بعد
توریوم* ۶۳، ۶۵ و بعد، ۸۴، ۲۳۴، ۲۵۴
ثابتِ پلانك* ۴۵، ۱۱۵

ج، چ، ح، خ
جاذبهٔ عمومی (نگاه کنید همچنین به گرانش) ۴۰
جدول تناوبی عناصر (نگاه کنید به طبقه‌بندی تناوبی عناصر)
جرم بحرانی ۱۷۷، ۱۸۰، ۱۸۴
جرم شاندرازخار ۲۴۱ و بعد
چرخهٔ کربن ۲۳۷
چند وجهیهای منتظم ۲۸، ۳۳
چینی (ظروف) ۸۱ و بعد
حفرهٔ سیاه (سیاهچاله) ۲۴۴
خورشید ۲۰، ۵۷، ۱۰۹، ۲۳۵، ۲۴۲

د، ذ
دئوتون (ذرهٔ آلفا) ۱۴۱
دفع کولنی* (دفع الکترواستاتیکی) ۱۴۱، ۱۷۰ و بعد، ۲۳۶
دوتریوم* (هیدروژن سنگین) ۱۸۲،
دوره* ۷۰ و بعد، ۱۷۰ و بعد، ۲۳۴، ۲۵۴
ذرهٔ بنیادین ۴۸، ۱۴۱، ۱۶۱ و بعد
ذرهٔ لاندا (Λ) ۴۸ و بعد

ر، ز
رآکتور هسته‌ای (پیل اتمی) ۱۷۹، ۱۸۷، ۲۰۸
رادیو اکتیویته (طبیعی، القایی) ۶۴ و بعد، ۷۰ و بعد، ۸۴، ۱۱۵، ۱۴۲، ۲۵۳، ـ بتا، ۱۴۱، ۱۴۲
رادیوم* ۶۳، ۸۵
رنگ کوارك (کروموديناميك کوانتومی) ۱۶۳ و بعد
زحل (سیاره) ۲۵، ۳۳
زمان سنج ژئوفیزیکی ۲۳۳ و بعد
زمین ۳۴، ۵۷، ۲۳۵ و بعد
زنجیرهٔ پروتون ـ پروتون ۲۳۷، ۲۳۸
زهره (سیاره) ۲۵، ۳۳

س، ش
ستارهٔ مزدوج ۲۴۵ و بعد
ستارهٔ نوترونی ۲۴۴ و بعد
سحابی ماژلان ۲۴۷ و بعد
سفال لعابدار ۷۶ و بعد
سنتز هسته‌ای ۲۵۳
سیاره ۲۵، ۳۳، ۵۷
سیکلوترون ۱۶۰ و بعد، ۱۹۰ و بعد
شاخص (ساعت آفتابی) ۲۲، ۲۲۸
شکافت* ۱۲۱، ۱۷۲

شگفت (ذرات) ۵۰
شمارگرِ گایگر ـ مولر ۱۴۶ و بعد

ص، ط
صفر (عدد) ۳۲
طبقه‌بندی تناوبی عناصر ۴۲ و بعد، ۱۱۳
طول موج* ۴۵

ع، غ
عدد اتمی ۴۳ و بعد؛ ـ اول ۲۷؛ ـ پی (π) ۳۰، ۳۵، ۱۶۶؛ ـ جادویی ۲۸، ۵۰؛ ـ طلایی (نسبت ملکوتی) ۳۲؛ ـ کوانتومی* ۴۵، ۵۰ و بعد، ۲۴
عطارد ۲۵، ۳۳
عمر زمین و خورشید ۲۳۲ و بعد
غول پیکران آبی (اَبَرنواختر) ۲۴۷ و بعد
غول پیکران سرخ ۲۴۰ و بعد

ف، ق
فوتون* ۵۴ و بعد، ۱۴۲
قانون نمایی کاهش ۷۱
قدر* ۲۴۷
قدرت (نگاه کنید به برهم کنشی)

ك، گ
کائولن ۷۷، ۸۳
کسوف و خسوف (خورشیدگرفتگی و ماه‌گرفتگی) ۱۸، ۳۷، ۱۰۹ و بعد، ۲۲۸
کوارتز پیزوالکتریکی ۸۴
کوارك* ۴۶، ۱۶۱ وبعد
کوانتوم* (نگاه کنید به مکانیك کوانتومی)
کوتوله‌های سفید ۲۴۰ و بعد
کیمیاگری ۵۷، ۶۰، ۷۳، ۸۱ و بعد
گرانش (برهم کنشی گرانشی) ۵۱، انقباض گرانشی ۲۳۴، ۲۴۱
کلوئون ۱۶۳

م
ماه (قمر زمین) ۲۰، ۳۱، ۵۷، ۱۰۹
ـ قمری ۲۰، ۲۲ و بعد، ۲۲۳
مدل بور ۴۵؛ ـ لایه‌ای ۴۶، ۴۸؛ ـ قطره‌ای ۱۲۱؛ ـ هسته مرکب ۱۲۱
مدول طلایی ۳۲
مربع جادویی ۱۷، ۳۰
مزون* ۴۸ وبعد، ۱۵۰ و بعد؛ ـ K ۴۹؛ ـ π (پیون) ۴۸، ۱۵۷
مریخ ۲۵، ۳۳
مشتری ۲۵، ۳۳
مقطع مؤثر* ۴۷
مکانیك کوانتومی* ۱۱۴ وبعد؛ ـ موجی ۱۱۴
ملکول* ۶۳
منطقه‌البروج ۲۱ و بعد
موج ضربه (اَبَرنواختر) ۲۴۳
میون* (الکترون سنگین) ۵۰، ۱۵۰

ن
نوترون ۴۷، ۱۱۹، ۱۴۱، ۱۷۰، ۲۳۶
نوترینو* ۴۸، ۱۱۹، ۱۴۲، ۲۳۷
نوکلئون* ۴۷، ۱۴۱، ۲۴۲
نموّ ۲۴۵ و بعد

و
واکنش حرارتی ـ هسته‌ای (ترمونوکلئر) ۲۳۶؛

- زنجیره‌ای ۱۶۸، ۱۶۹، ۱۷۸؛ -
هسته‌ای* (نگاه کنید همچنین به
شکافت) ۷۳، ۱۲۱، ۲۳۶ وبعد
وحدت بزرگ (فیزیك) ۵۱

هـ، ی
هسته* ۴۳، ۷۳، ۱۲۱، ۱۶۸، ۲۳۶
همجوشی* ۲۳۶
یانگ ۳۰
ین ۳۰
یون* (یونش، یونیدگی) ۶۳ و بعد

فهرست نامها

نامهایی که با علامت * مشخص شده‌اند، در زندگینامهٔ مختصر (صفحات ۲۵۶ ـ ۲۶۶ همین کتاب) منظور شده‌اند.

آپل، پل ۹۶، ۱۰۰
آپولونیوس پرگایی ۳۵
آرچیمبولدو (گیوسپ) ۵۵
آریستارخوس ساموسی ۳۵
آژانس بین‌المللی انرژی اتمی ۲۱۶
آلامو گوردو ۱۹۹، ۲۰۰
آلبرتوس ماگنوس* (مشهور به آلبرت کبیر) ۶۰
آلسوس ۲۰۲، ۲۰۳، ۲۰۴
آلیه، ژاك ۱۸۲
آندرسون، کارل دی. ۱۴۷، ۱۴۹
آوگوستینوس قدیس ۳۳

اُپنهایمر، رابرت ۱۲۳، ۱۴۹، ۲۱۷
ادینگتون، آرثر استنلی ۱۲۷، ۲۳۵
اِراتستن ۳۶ و بعد
ارسطو ۳۵
ارشمیدس ۳۵، ۱۶۶
استالین ۱۸۵، ۱۹۹، ۲۱۰
استریت، جابز ۱۴۹
استفانسون، ریچارد ۲۳۲
استونسون، ای. سی. ۱۴۹
استیمسون، اچ. ال. ۱۹۷، ۱۹۹
اسکندریه (حوزه) ۳۷
اسکوبلتزیی، دیمیتری ۱۴۶
اسلاتر، جی. سی. ۱۲۳
اشتراسمان، فریتس ۱۲۱، ۱۷۰
اشمیت ـ اُت، فردریش
افلاطون* ۲۶، ۳۳، ۳۵
ام. آی. تی (انستیتو) ۱۴۹، ۱۶۲
امیل، پل ۴۱
اناکسیماندروس ۱۱۱
انکساگورس ۱۱۱
او، آ. اس. ۶۶
اوچیالینی، گی. بی. اس. ۱۵۶
اودکس ۳۵
اور بن، ژرژ ۹۸
اوری، هارولد ۱۹۷
اوریگن ۳۱
اوستبو (دهکده) ۱۰، ۲۵۶
اوسوالد کروز (انستیتو) ۸۶
اوهلِنبك، جورج ۲۰۲
اهرلیخ، پل ۹۵
اهرنفست، پل ۱۲۳، ۱۲۶

ایشی میا، تورائو ۱۴۹
اینشتین، آلبرت* ۴۴، ۱۱۴، ۱۸۴، ۲۱۶
ایواننکو، د. ۱۴۲

باده، والتر ۲۳۲
بارتکی، و. ۱۹۷
بته، والتر ۱۴۶، ۲۰۵
بته، هانس آ*. ۱۹۴، ۲۳۵، ۲۳۷
بروك، وان دن ۴۳
برونو، جوردانو ۵۴
بروی، لوئی دو* ۱۱۴
بطلمیوس ۳۷
بکرل، هانری* ۶۳
بلاکت، پی. ام. اس. ۱۵۰، ۱۷۷، ۱۸۳
بلو، ام. ۱۵۴
بلوخ، فلیکس ۱۲۳، ۱۲۸
بلوم، لئون ۱۰۱
بوتگر، یوهان فردریش ۸۱ و بعد
بور، نیلس* ۴۴، ۶۰، ۱۱۲ وبعد، ۱۷۳، ۱۹۴، ۲۱۶
بور، هارالد ۱۲۴
بورل، امیل ۹۷، ۱۰۰
بوربیچ، ج. ۲۳۵
بورن، ماکس ۱۱۵
بوش، وانوار ۱۹۱
بیان ـ لیانگ (کایفنگ) ۲۱۹
بیو، ژان باتیست ۲۲۸

پائولی، ولفگانگ* ۴۶، ۱۱۳، ۱۲۷، ۱۴۲
پاستور، لوئی (انستیتو) ۹۶ و بعد
پاگواش (کنفرانس) ۲۱۵
پالیسی، برنار ۷۵ و بعد، ۱۰۳
پانچینی، اتوره ۱۵۳
پانوفسکی، اچ. وی. ۱۶۲
پاول، سیسیل* ۴۸، ۱۵۳، ۱۵۷، ۲۱۵
پایرلز، رودولف ۱۲۲، ۱۸۳، ۱۹۴
پتریاك ۲۱۱، ۲۱۲
پتن (مارشال) ۱۸۵
پراگ ۵۳ و بعد
پرسه‌فونه ۱۹
پرن، ژان ۹۷ و بعد، ۲۳۵
پرن، فرانسی ۱۷۸، ۱۷۹
پری (ناخدا) ۱۳۵
پگرام، گ. ۱۸۶، ۱۹۰
پلانك، ماکس* ۴۴، ۱۱۲، ۱۳۹، ۱۷۴؛ مؤسسه ــ (نگاه کنید به کایزر ویلهلم، جامعه)
پنلوه، پل ۹۸
پوانکاره، هانری ۸۸
پوتسدام (کنفرانس) ۱۹۹ و بعد
پولو، مارکو ۷۷
پیکونی، اورستو ۱۵۳
تاکوشی، مازا ۱۴۹
تاکی تانی، میتو ۱۵۱
تام، ایگور ۱۴۲
تامسون، جی. جی.* ۶۴
ترومن، هاری ۱۹۷ و بعد، ۲۱۳
تسوایك، جورج ۴۹، ۱۶۱
تسویکی، فریتس ۲۳۲
تشرینهاوس، اهرنفرید فون ۸۲ و بعد
تلر، ادوارد ۱۲۳، ۱۲۸، ۱۹۴
تولمان، آر. سی. ۱۲۳
تیکو براهه* ۳۹، ۵۷، ۲۳۲، ۲۴۲
تیندال، آ. ام. ۱۵۳

جونز، آلبرت ۲۴۸
جینز، جی. اچ. ۱۲۷
چادویك، جمس ۱۸۳، ۱۹۴
چرچیل ۱۹۶
چرنوبیل ۲۱۷
خاریتون، ای. ۲۰۹، ۲۱۲

داروین، چارلز ۲۳۴
دالادیه، ادوارد ۱۰۵
دالتون، جان ۶۳
دریفوس، آلفرد ۹۷
دلبروك، ماکس ۱۲۲
دلبوس، ایون ۱۰۵
دِمِتر ۱۹
دوده، موریس ۱۷۸
دوگل، شارل ۱۰۲
دی، جان ۵۸
دیراك، پل آدرین م.* ۱۱۵
دیوفانتوس اسکندرانی ۳۵

ذیمقراطیس* ۳۳، ۶۳

رابله، فرانسوا ۲۱۸
رابی، ایزاك ۱۷۵
رابی، ایزیدور آی. ۴۹
راترفورد، ارنست* ۴۳، ۶۴، ۷۲، ۸۸
راسل، برتراند ۲۱۵
رامسی، ویلیام ۴۱
رُسی، بی ۱۵۱
روتچیلید، ادموند دو ۹۷
روچستر، جی. دی. ۴۸، ۱۵۰
رودولف دوم (امپراتور) ۵۵، ۷۳
روزنبرگ (ژولیوس و اِتل) ۲۱۰
روزنفلد، لئون ۱۱۹، ۱۲۸، ۱۷۶
روزولت، فرانکلین دی. ۱۸۷ وبعد
روسلاند، اس. ۱۲۳
ریگان، رونالد ۲۱۶
ریگ، کلودیوس ۸۹
ریلی، جان ۴۱
رینز، فردریك ۲۵۱
رینو، پل ۱۰۵

زئوس ۱۹
زانگ زی دوان ۲۲۰
زای، ژان ۱۰۲
زلدویچ، ای. بی ۲۰۹، ۲۱۲
زومرفلد آرنولد
زیلارد، لئو ۱۷۴، ۱۹۴، ۲۱۳ و بعد

ژولیو، فردریك ۱۴۲، ۱۷۰ و بعد، ۲۰۹ وبعد
ژولیو ـ کوری، ایرن ۸۶، ۱۴۲، ۱۷۰

ساخاروف، آندره ۲۱۷
سادی، فردریك* ۶۶، ۷۲
ساس، اچ. ای. ۴۸
ساکاتا، شواچی ۱۶۱
ساندالیك، نیکولاس ۲۵۰
ساویچ، پاول ۱۷۰
سِربِر، رابرت ۱۴۹
سگره، امیلیو ۱۹۰، ۱۹۴
سولوی (کنفرانس) ۱۱۸
سونگ جنوب ۲۲۰؛ ـ شمال ۲۱۹
سیبورگ، گلن تی. ۱۹۰
سیسرون ۳۳، ۱۶۶

شاترماز، ا. ۲۳۷
شاندرازخار، سوبرهمانیان* ۲۴۱ و بعد
شرودینگر، اروین* ۱۱۴
شلتون، یان ۲۴۷

طالس ملطی* ۱۰۸ و بعد

فاوست ۳۴
فاولر، ویلیام ۲۳۵ و بعد
فرانك، جیمز ۱۲۲، ۱۹۸
فرانکفورتر، فلیکس ۱۹۵
فرمی، انریکو ۴۰، ۱۷۳ و بعد، ۱۸۷، ۱۹۴
فرانکل، ای ۲۰۹، ۲۱۲
فریش، اوتو ۱۲۳، ۱۷۲، ۱۸۳
فریش، روبرت ۱۲۱
فلروف، گئورکی ۲۰۹ و بعد
فلیمینگ، الکساندر ۱۰۴
فوجی وارا (خاندان) ۲۲۹
فوچس، ك. ۲۱۳
فونتنل، برنار دو ۷۶
فیثاغورس* ۲۶ و بعد، ۱۱۱
فیشر، امیل ۸۶
فینمان، ریچارد پ ۱۵۲، ۱۹۴

کاپیستا، پ ۱۲۸، ۲۱۲
کازیمیر، هندریك ۱۲۳
کافکا، فرانتس ۵۴
کالکار، ف. ۱۲۰
کالوَن ۵۴، ۸۰
کالهورستر، ورنر ۱۴۶
کامپتن، آرثر هالی ۱۹۱، ۱۹۸
کاوندیش (آزمایشگاه) ۶۴
کایزر ویلهلم (جامعه، انستیتو) ۹۲، ۱۷۰
۱۸۶
کپرنیك، نیکولا* ۳۶ و بعد
کپلر، یوهان* ۳۹، ۵۷، ۲۳۲، ۲۴۲
کرامرس، هندریك ۱۱۳
کروکس، ویلیام ۷۰
کریچفیلد، سی. ال. ۲۳۷
کلارك، دیوید اچ. ۲۳۲
کلاین، اسکار ۱۱۷
کلوین، لرد تامسون و. ۷۲، ۲۳۴
کلی، ادوارد ۵۸
کنفسیوس (استاد کنگ) ۱۰۸
کوارسکی، لیف ۱۷۶
کوان، جورج ۲۵۱
کوتون، امه ۹۷، ۱۰۰
کوتون، اوژنی ۱۰۰
کورچاتوف ای. وی. ۱۹۹، ۲۱۰
کوری، پی‌یر* ۱۸، ۶۳ و بعد، ۸۸
کوری، ژاك ۸۴
کوری، ماری ۷۵، ۸۳ و بعد، ۹۸
کوستر، دیرك ۱۱۳
کوکس، جان ۷۲
کونانت، جی. بی ۱۹۱
کونورسی، مارچلو ۱۵۳
کیهلینگ، رادیرد ۱۳۸

گالیله، گالیلئو* ۳۸
گاموف، جورج ۱۲۳، ۲۳۵
گرلاخ، والتر ۲۰۴
گرگوریوس (پاپ) ۲۴
گروز، ال. ار. (ژنرال) ۱۹۱ و بعد
گرومیکو، آندره ۱۹۹

گل ـ مان م.* ۴۹ و بعد، ۱۶۱ وبعد
گوپر ـ مایر، ماریا ۴۸
گوته، یوهان ولفگانگ فون ۳۴، ۱۲۷
گود اسمیت، ساموئل* ۲۰۱ و بعد
گورباچف، میخائیل ۲۱۶
گورینك (مارشال) ۱۷۴ وبعد
گولم (آدمك ماشینی) ۵۴
گووینگ، مارگارت ۲۱۶
گی لوساك، لوئی ۶۳
گیوم دوم (امپراتور) ۸۹

لانس، سزار ام. جی. ۱۵۶
لانداو، لیف داویدویچ ۱۲۳ و بعد ۲۱۲
لانژون، پل ۸۹، ۹۶
لاوئه، ماکس فون ۱۷۴
لوبرن، آلبر ۱۰۵
لوتر، ۵۴، ۸۰
لوتی، پی‌یر ۱۳۸
لارنس، ارنست ۱۹۲
لوس آلاموس ۱۹۴ و بعد ۱۱۳
لوسیپوس ۶۳
لوفور، اگوست ۸۲
لوکوربوزیه ۳۲
لیپونسکی، آ. ای. ۲۰۹ و بعد
لیفخیتز، اِ. ۱۲۸

مات، ن. ۱۲۳
ماربو، کامیل ۱۰۰
مارسلوس ۱۶۶
مِتون آتنی (چرخهٔ متونی) ۲۴
مدیسی، کاترین دو ۸۰
مرکز اروپایی تحقیقات هسته‌ای (C. E. R. N.) ۱۲۲
مرکز ملی پژوهشهای علمی (C. N. R. S) ۱۰۶
مك دونالد (آزمایشگاه) ۶۴
مندلیف، دیمیتری ایوانویچ ۴۰ و بعد
میتنر، لیزه ۹۵، ۱۷۱
موتسو هیتو (امپراتور) ۱۳۵
موزلی، هانری ۴۳، ۶۰
مونزی، آناتول دو ۱۰۰
میلیکان، رابرت آ. ۱۴۵ و بعد
میلن، ا. آ. ۱۲۷
میکادو (امپراتور) ۱۳۳

ناگازاکی ۱۳۵، ۲۰۰
ندرمایر، ست ۱۴۷ و بعد
نی‌شی جیما، ك. ۴۹
نیشینا، یوشیو ۱۲۳، ۱۴۹
نیوتون آیزك* ۳۹

واسرمان، اگوست ۸۶
وایتاکر، کارل فردریش فون ۱۲۳، ۱۹۹ وبعد، ۲۳۷
ویتروو، مارکوس ۳۲
ویسکوف، ویکتور ۱۲۳ وبعد
ویگنر، اوژن ۱۴۱، ۱۷۵
ویلر، جان آرچیبالد ۱۲۱
ویلسون، باب ۱۹۴
ویلسون، جی. جی. ۱۵۰
ویلسون، رابرت ۱۹۴
وینکلر ۴۱

هابر، فریتز ۹۵

هارناك، آدولف ۹۰
هافستارد، رابرت ۱۶۲
هالبان، هانس ۱۷۳ و بعد
هالبخ، گوستاو کروپ فون ۹۵
هان، اتو* ۹۵، ۱۷۰ وبعد، ۲۰۴
هانفورد ۱۹۲
هایدس ۱۹
هایزنبرگ، ورنر ۱۱۳، ۱۴۱، ۲۰۲ و بعد
هراکلیتوس ۳۵
هریو، ادوارد ۹۸
هس، ویکتور ف. ۱۴۵
همبولت، گیوم فون ۹۲
هوسی، جورج دو ۱۱۳، ۱۲۳
هوف، یاکوبوس ۹۵
هوند، فردریش ۱۱۳، ۱۲۲
هویل، فرد ۲۳۵
هیپارخوس ۳۷
هیپاسوس ۲۷
هیتلر ۱۷۴، ۱۸۵
هیروشیما ۲۰۰، ۲۰۶ و بعد
هیرون ۱۶۷

یانسن، جی. اچ. دی. ۴۸
یوان (پادشاهی) ۲۲۰
یورسنیر، مارگریت ۵۹
یوکاوا، سومی ۱۳۹
یوکاوا، هیدکی* ۱۳۸ و بعد، ۱۴۹، ۱۵۳

سروش منتشر کرده است:

افسانهٔ تروا. بازنوشتهٔ راجر لنسلین‌گرین. ترجمهٔ عباس آقاجانی. ۸۰۰ ریال.
امپراتور ژنده‌پوش. علی ذکاوتی‌قراگزلو. ۳۹۰ ریال.
انسان دو قرنی (و ۵ داستان دیگر). ایزك آسیموف. ترجمهٔ هوش‌آذر آذرنوش. ۶۰۰ ریال.
بینوایان. ویکتور هوگو. ترجمهٔ محمدباقر پیروزی. ۱۱۰۰ ریال.
خالونکیسا، بنات‌النعش و یوزپلنگ (مجموعهٔ هفت قصه). ایرج صغیری. ۶۰۰ ریال.
در دل گردباد (جلد دوم خاطراتِ یوگنیا گینزبرگ). یوگنیا کینزبرگ. ترجمهٔ فرزانه طاهری. ۱۴۵۰ ریال.
روزینیا، قایق من. ژوزه مائورودو واسکونسیلوس. ترجمهٔ قاسم صنُعوی. ۹۰۰ ریال.
روستای ما. محمود مقال. ترجمهٔ دکتر توفیق ه . سبحانی. ۶۰۰ ریال.
ژنرال در لابیرنت. گابری‌یل گارسیا مارکز. ترجمهٔ رضا فلسفی.
سکوتهای سرهنگ برامبل. آندره موروا. ترجمهٔ دکتر عباس آگاهی. ۵۰۰ ریال.
لئوی آفریقایی. امین معلوف. ترجمهٔ قدرت‌الله مهتدی. ۱۵۵۰ ریال.
مجمع‌الجزایر گولاك. جلد اول (بخش ۱ و ۲). الکساندر سولژنیتسین. ترجمهٔ عبدالله توکل. چاپ دوم. ۱۸۰۰ ریال.

سروش منتشر می‌کند:

آونگ فوکو. امبرتو اکو. ترجمهٔ مهدی سحابی.
اساطیر یونان (از آغاز آفرینش تا عروج هراکلس). بازنوشتهٔ راجر لنسلین‌گرین. ترجمهٔ عباس آقاجانی. چاپ دوم.
اودیسه دو (۲۰۱۰). آرتور سی. کلارك. ترجمهٔ رضا فاضل‌زرندی.
اودیسه سه (۲۰۶۱). آرتور سی. کلارك. ترجمهٔ دکتر پرویز قوامی.
پرواز. جان اشتاین‌بك. ترجمهٔ محمود علیمحمدی.
جهان رمان. رولان بورنف و رئال ئوله. ترجمهٔ خسرو مهربان‌سمیعی.
داستانهای پنج دهه. هرمان هسه. ترجمهٔ همایون نوراحمر.
داستانهایی از آسیای امروز. ترجمهٔ کمال پولادی.
سی داستان برگزیدهٔ جهان. ترجمهٔ محمد جاوید مهتدی.
قطار آزادی. دوروتی استرلینگ. ترجمهٔ روشن آقاخانی.
لئون (لی‌یف) تولستوی. استفان زویگ. ترجمهٔ جهانگیر افکاری.

HISTOIRES D'ATOMES

PIERRE RADVANYI MONIQUE BORDRY

Préface de Maurice Jacob

translated by
Abdolhossein Nik Gohar

Soroush Press
Tehran 1991

سروش
انتشارات صدا و سیمای جمهوری اسلامی ایران

بها: ۱۱۰۰ ریال